DER DREH- UND CALORISCHE NYSTAGMUS IM LICHTE EINER NEUEN THEORIE

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
IN DER MEDIZIN UND CHIRURGIE · MIT GENEHMIGUNG
DER HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

VORGELEGT

VON

WALTER HESSE
APPROB. ARZT AUS BERLIN

VERLAGSBUCHHANDLUNG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN
1913

GEDRUCKT MIT GENEHMIGUNG DER MEDIZINISCHEN
FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG

REFERENT: GEH. MED.-RAT PROF. DR. ANTON
DEKAN: BERNSTEIN

DRUCK DER SPAMERSCHEN BUCHDRUCKEREI IN LEIPZIG

MEINEN LIEBEN ELTERN

Inhaltsübersicht:

I. Historische Entwicklung der Lehre vom vestibulären Nystagmus (S. 5).
II. Anatomie und Physiologie des Vestibularapparates (S. 11).
III. Die verschiedenen Arten des Nystagmus (S. 12).
IV. Die Lehre vom Drehnystagmus (S. 15).
V. Das Phänomen des Drehnystagmus im Lichte meiner Theorie (S. 19).
VI. Die Lehre vom kalorischen Nystagmus (S. 33).
VII. Das Phänomen des kalorischen Nystagmus im Lichte meiner Theorie (S. 34).
VIII. Die normale Physiologie des Gleichgewichtsapparates (S. 39).

I. Historische Entwicklung der Lehre vom vestibulären Nystagmus.

Mit dem Erscheinen der ersten Mitteilung der Flourensschen Versuche über die halbzirkelförmigen Kanäle im Jahre 1824 wurde der Grundstein zur Lehre vom vestibulären Nystagmus gelegt. Die Flourensschen Versuche, die in den darauf folgenden Jahren noch eine wesentliche Vervollkommnung erfuhren, brachten die in ihrer Art völlig neue Entdeckung, daß bei Bogengangsdurchschneidungen an Tauben und Vierfüßlern ein Pendeln des Kopfes, Nystagmus der Augen und ein Überkugeln dieser Tiere in der Ebene des durchschnittenen Kanals erfolgen. Flourens schloß aus diesen Koordinationsstörungen, daß den Bogengängen ein hemmender und mäßigender Einfluß auf die Körperbewegungen zukäme. (Une force, qui contient et modère les mouvements.)

Ein Jahr später machte Purkinje bei der Untersuchung Geisteskranker, die nach der damaligen Behandlungsweise im Drehstuhl gedreht wurden, die Beobachtung, daß während des Drehens und beim Anhalten ein Nystagmus der Augen auftrat, dessen Intensität von der Stärke des beim Drehen hervorgerufenen Schwindels abhängig war. Zugleich konnte er durch eigene Beobachtung an sich selbst konstatieren, daß beim Drehen auf dem Drehstuhl der Stellung des Kopfes ein be-

stimmter Einfluß auf die Richtung der Scheinbewegungen der äußeren Gegenstände während des Schwindels zukam. Löste beispielsweise die Drehung mit senkrecht gestelltem Kopf einen horizontalen Schwindel aus, so erfolgte bei Drehung mit rückwärts gewandtem Kopf ein Schwindel in der Richtung eines senkrecht gestellten Rades, sobald beim Anhalten der Kopf wieder senkrechte Stellung einnahm. Purkinje glaubte in Verschiebungen und Zerrungen des Gehirns durch die Zentrifugalkraft eine Erklärung für diese Erscheinungen zu finden.

Brachs „Bemerkungen über den Schwindel", die im Jahre 1828 zur Veröffentlichung kamen, bekämpften diese Theorie aufs lebhafteste. Auch Rudolfi warf sich zum Gegner dieser Theorie auf mit der Begründung, daß eine Verschiebung und Zerrung fester Teilchen des Gehirns ohne Zerstörung der feinsten Nervenbahnen undenkbar sei.

Daß ein Konnex zwischen den Arbeiten Purkinjes und Flourens' bestand, erkannte ersterer sehr wohl, trotzdem vermochte er nicht, die richtige Schlußfolgerung daraus zu ziehen. Leider blieben Flourens' die Purkinjeschen Versuche unbekannt. Aber auch die späteren Untersucher vermochten nicht den Gegensatz zwischen den Tierexperimenten Flourens' und den Beobachtungen Purkinjes am Menschen zu überbrücken. Es lag dies vielleicht zum Teil daran, daß weder Purkinje noch Flourens, noch einer der späteren Untersucher Drehversuche an Tieren anstellte, wodurch er allein in die Lage versetzt worden wäre, die hierbei gezeitigten Resultate mit den Flourensschen Beobachtungen nach Bogengangsdurchschneidung in Parallele zu setzen, wie das später geschehen ist.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Erklärung des Drehschwindels bedeuten die Arbeiten Starks, der im Gegensatz zur Verschiebung fester Teile des Gehirns die Ursache des Schwindels in der Verschiebung einer Flüssigkeit, und zwar in einer „anormalen Strömung des Nervenagens" sieht.

Die erste Beobachtung über Nystagmus bei Ohrenleiden stammt von Deleau.

Außer durch Drehung konnte Brown-Sequard Schwindel hervorrufen durch Einspritzung von kaltem Wasser in den äußeren Gehörgang. In dieser Art des Schwindels glaubte er eine Reflexwirkung zu sehen, hervorgerufen durch den Reiz der kalten Temperatur des Wassers.

Unabhängig vom Tierexperiment und ohne Kenntnis der Purkinjeschen Schriften hat dann Menière auf Grund seiner Beobachtungen am Krankenbett aus dem häufigen Auftreten von Schwindel bei Ohrleiden die Überzeugung ausgesprochen, daß es sich hier nicht um eine Erkrankung des Gehirns, wie man vor ihm annahm, sondern um eine Affektion des Bogengangsapparates handeln müsse. Auch finden wir bei ihm bereits die Beobachtung erwähnt, daß gelegentlich Schwindel

beim Katheterismus und sogar beim Valsalvaschen Versuch auftritt, eine Erscheinung, die er durch eine Erschütterung des Labyrinthinhaltes erklärt. Es ist also sein unbestrittenes Verdienst, als erster allein auf Grund seiner klinischen Beobachtungen den kausalen Zusammenhang zwischen Schwindel und Bogengangsaffektion ausgesprochen zu haben. Dabei darf nicht unerwähnt bleiben, daß ihm die physiologische Bedeutung des Ohrlabyrinthes wenig Kopfschmerzen gemacht hat; irgend welche theoretische Erklärung als Stütze für seine Behauptung hat er der Nachwelt nicht überliefert.

Als erster sprach dann Goltz im Jahre 1870 den Bogengangsapparat als ein besonderes Sinnesorgan an, dem er die Regulierung der Körperbalance zuschrieb. Von der Beobachtung ausgehend, daß die drei halbzirkelförmigen Kanäle drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen des Raumes entsprechen, schloß er auf Grund der Flourensschen Versuche aus einer Zerstörung eines dieser Bogengänge auf die Aufhebung der Funktion des betreffenden Bogenganges, somit auf eine Gleichgewichtsstörung in der Ebene des zerstörten Kanals.

Um den weiteren Ausbau der Erkenntnis von der Bedeutung der Bogengänge haben sich dann vor allem Mach, Breuer und Crum-Brown verdient gemacht. Mach schrieb dem Ohrlabyrinth die Fähigkeit zu, die Winkelbeschleunigung bei der Drehung wahrzunehmen, d. h. den Beginn der Drehung und eine im Verlauf der Drehung auftretende Beschleunigung der Drehung zu empfinden. Zur selben Ansich bekannte sich auch Crum-Brown.

Breuer war es endlich vorbehalten, durch seine grundlegenden Arbeiten auf dem Gebiete des Drehschwindels reformatorisch zu wirken. Indem er die Purkinjeschen Arbeiten zum Ausgangspunkt seiner Experimente machte, übertrug er die Drehversuche am Menschen auf das Tierexperiment und gelangte so zu der Beobachtung, daß bei Tieren während der Drehung außer dem auch beim Menschen wahrgenommenen Nystagmus der Augen rhythmische unwillkürliche Bewegungen des Kopfes in der Ebene der Drehung und nach dem Anhalten ein Überkugeln der Tiere erfolgten. Diese Wahrnehmung brachte ihn zur Erkenntnis des Zusammenhanges seiner Experimente mit den Flourensschen Bogengangszerstörungen, die ja beide, wenn auch auf verschiedenen Wegen, dasselbe Endresultat zeitigten.

Nun war mit der Erkenntnis, daß das Tier eben auf andere Weise als der Mensch auf das Drehen reagierte, die letzte Schranke gefallen: Das Überkugeln des Versuchstieres, für das man bisher beim Menschen kein Analogon gefunden hatte, und das bisher der Stein des Anstoßes geworden war, die Purkinjeschen Versuche mit den Flourensschen Experimenten in Parallele zu setzen, war durch die Eigenart des Tieres genügend erklärt. Breuer stellte somit als Facit seiner Untersuchungen

den Satz auf, daß Bogengangszerstörung und Drehung auf dem Drehstuhl denselben Endeffekt, nämlich den Drehschwindel hat, und war dadurch imstande, den Beweis für Menières Behauptung, daß dem Schwindel bei Ohrenleiden eine Erkrankung des Ohrlabyrinthes zugrunde liege, zu erbringen. Jetzt endlich war der Gegensatz zwischen Tierexperiment und Erfahrung am Menschen überbrückt.

Weiter verdanken wir Breuer die erste genaue Beobachtung über den beim Drehschwindel auftretenden Nystagmus der Augen, sowie über das Phänomen der Augenrollung, jener Stellungsänderung der Augen, die bei Lageveränderung des Kopfes eintritt, und schon von ihm in ursächlichen Zusammenhang mit dem Vestibularapparat gebracht wurde.

Zur Klärung der Frage, wo im Gehirn das Zentrum für den Drehschwindel zu suchen sei, haben die Arbeiten von Högyes viel beigetragen. Fußend auf den Beobachtungen von Flourens, welche nach Abtragung der Großhirnhemisphären keine Veränderung in den Schwindelerscheinungen bei Bogengangszerstörungen nachgewiesen hatten, erbrachte Högyes 1880 auf Grund seiner Tierexperimente den Beweis, daß das Zentrum für den Drehschwindel im Gehirn zwischen den Kernen des Nervus acusticus und oculomotorius lokalisiert sei.

Den Nachweis des Nystagmus bei Erkrankung der halbzirkelförmigen Kanäle haben zuerst Cyon 1876, Schwabach 1878 und Habermann erbracht, denen sich später die Arbeiten von Jackson, Kipp, Lucae, Stein und anderer zur Klärung dieser vielventilierten Frage würdig anreihen.

Schon 1874 war Breuer mit der Beobachtung an die Öffentlichkeit getreten, daß bei Tieren, die geblendet, und deren Labyrinth beiderseits zerstört war, im Verlaufe und nach der Drehung kein Pendeln des Kopfes wahrzunehmen war. Ferner gebührt Breuer das Verdienst, die Erregbarkeit des Ohrlabyrinthes experimentell nachgewiesen zu haben.

Indem er von den Arbeiten Königs über die Cokainisierung der halbzirkelförmigen Kanäle ausging, wies er nach, daß im ersten Stadium der Cokainisierung neben den Erscheinungen des Nystagmus vermittels Betupfen bestimmte Kopfbewegungen auslösbar waren, während diese in einem späteren Stadium fehlten, obwohl Nystagmus und Drehschwindel unvermindert fortbestanden. Es mußte also im ersteren Falle noch eine Erregbarkeit des Vestibularapparates vorhanden sein, die reflektorisch durch den Reiz des Betupfens die Kopfbewegungen auslöste. Während nun das Stadium der völligen Lähmung des Ohrlabyrinthes sich durch das Erlöschen dieses Reflexes kundgab, blieben merkwürdigerweise Nystagmus und Gleichgewichtsstörungen von der Ausschaltung des Vestibularapparates unbeeinflußt. Dieses konnte seine Erklärung nur darin finden, daß Nystagmus und Drehschwindel

durch den Ausfall der normalen Funktion des Bogengangsapparates bedingt war. Beim Menschen hatten ähnliche Experimente nur Erfolg beim Vorhandensein einer Bogengangsfistel.

Lucae und anderen Beobachtern gelang es denn auch in diesen Fällen durch Berühren von Bogengangsfisteln Nystagmus und Schwindel hervorzurufen. Allerdings hatten diese Reizversuche des Ohrlabyrinthes einen noch funktionierenden Vestibularapparat zur Voraussetzung. Denn Jansen konnte bald den Nachweis führen, daß bei Zerstörung des Vestibularapparates keine Reaktion im Sinne des Drehschwindels und des Nystagmus zu erzielen war.

Es blieb somit der Nachweis, ob ein Vestibularapparat normal oder zerstört war, auf die Fälle beschränkt, wo eine Labyrinthfistel bestand. Fehlte diese, so war die Entscheidung der Intaktheit eines Vestibularapparates mit dieser Methode nicht zu treffen.

Anknüpfend an die oben erwähnte Beobachtung Breuers, daß Tiere mit beiderseitiger Labyrinthzerstörung und Blendung während und nach der Drehung auf dem Drehstuhl keinen Nystagmus des Kopfes zeigen, konnte James 1881 bei der Untersuchung Taubstummer das Fehlen des Drehschwindels feststellen, während Kreidl später bei dieser Erkrankung auf das Fehlen des Drehschwindels aufmerksam machte.

Um die Erweiterung des Verständnisses der feineren physiologischen Vorgänge hat sich dann Ewald besonders verdient gemacht. Seine Experimente, mit denen er 1892 an die Öffentlichkeit trat, müssen im Rahmen unserer Arbeit einer näheren Betrachtung gewürdigt werden, weil ihre Kenntnis Vorbedingung ist für das Verständnis der physiologischen Vorgänge bei dem später zu behandelnden Dreh- und kalorischen Nystagmus. Ewalds Bestreben ging darauf hinaus, künstlich Bewegungen der Endolymphe in den halbzirkelförmigen Kanälen hervorzurufen. Zu diesem Zwecke bohrte er an einer Taube den knöcheren rechten horizontalen Bogengang entfernt von der Ampulle an, ohne den häutigen Bogengang zu verletzen, und übte hier durch Einfügung einer Plombenmasse in den knöchernen Kanal eine Kompression auf den häutigen Kanal aus, die einen vollkommenen Verschluß dieses Kanales garantierte. Zwischen dieser Stelle und der Ampulle wurde noch eine zweite Öffnung in den knöchernen Kanal eingefügt und auf diese der Ewaldsche Hammer aufgesetzt. Letzterer wurde dem Schädel der Taube aufgegipst und enthielt einen Kolben, welcher durch Kompression eines Gummiballons gegen den häutigen Bogengang gegengedrückt, durch Aspiration des Gummiballons vom Bogengang entfernt werden konnte. Der Effekt dieser Versuchsanordnung war nun der, daß bei der Kompression des häutigen Bogenganges eine Bewegung der Endolymphe nur in der Richtung von der Kompressionsstelle zur Ampulle stattfinden konnte, da eine Strömung der Lymphe nach der an-

deren Seite hin durch den Plombenverschluß unmöglich war. Im umgekehrten Falle mußte bei der Aspiration eine Strömung von der Ampulle zur Aspirationsstelle, d. h. zum freien Ende des Bogenganges stattfinden.

Bei Anstellung dieser Versuche machte Ewald die Beobachtung, daß bei Kompressionen des rechten horizontalen Bogenganges eine langsame Bewegung des Kopfes und der Augen nach links stattfand, was einem horizontalen Nystagmus nach rechts gleichkommt. Bei Aspiration des Stempels trat ein Wandern von Kopf und Augen nach rechts auf, was einem Nystagmus horizontalis nach links entspricht. Außer am horizontalen Bogengang soll Ewald durch analoge Versuchsanordnung auch an den beiden vertikalen Bogengängen der Nachweis von Kopf- und Augenbewegungen in den entsprechenden Ebenen gelungen sein. Es ist somit das große Verdienst Ewalds, in durchaus einwandfreier Weise den Konnex zwischen gewissen Augenbewegungen und Endolymphströmungen in einem bestimmten Bogengang nachgewiesen zu haben.

Die Drehversuche zur Erzeugung eines künstlichen Nystagmus wurden in jüngerer Zeit von Wanner wieder aufgenommen und von Passow, Maupetit und anderen nachgeprüft.

Speziell ist es da Bárány gewesen, der durch seine Untersuchungen viel zur Lehre vom vestibulären Nystagmus beigetragen hat. Auf Grund seiner hierbei gesammelten Erfahrungen konnte er den Nachweis erbringen, daß mit Hilfe der Drehversuche eine sichere Diagnosenstellung auf Labyrinthzerstörung nicht möglich sei. Diese Lücke wurde gleichfalls von Bárány 1906 durch Einführung seiner kalorischen Methode ausgefüllt. Es handelt sich hierbei um die Reaktion des Ohrlabyrinthes auf thermische Reize, eine Untersuchungsmethode, die keineswegs neueren Datums ist. Bereits Schmiedekam und Hensen machten 1868 bei ihren Belastungsversuchen des Trommelfells auf die Tatsache aufmerksam, daß das Ausspritzen des äußeren Gehörkanals mit kaltem Wasser bei den Versuchstieren Übelkeit, Schwindel und Erbrechen auslöste. Bei Anwendung von körperwarmem Wasser fehlten dagegen diese Begleitsymptome. Diese Beobachtung wurde von verschiedenen Ohrenärzten geteilt und dahin erweitert, daß sowohl zu kaltes als auch zu warmes Wasser bei Ohrenausspritzungen zu Nystagmus und Schwindel führen.

Nicht unerwähnt lassen möchte ich hier die Arbeiten von Baginski über die Einspritzung von kaltem Wasser in den Gehörkanal bei Tieren. Auch hierbei konnte er sich analog den Henseschen und Schmiedekamschen Beobachtungen von der Tatsache überzeugen, daß seine Versuchstiere bei Benutzung von kaltem Wasser Schwindel und Nystagmus bekamen, während bei Anwendung von warmem Wasser diese

Symptome fehlten. Steigerte er nun im letzteren Falle den Druck des warmen Wassers auf das Trommelfell, bis dieses platzte und die Membranen des runden und ovalen Fensters einrissen und so dem Wasser Eintritt in die Bogengänge gewährten, so stellte sich mit dem Augenblick Nystagmus und Schwindel ein. Aus der Beobachtung, daß die meisten seiner Versuchstiere dabei an Meningitis eingingen, zog er dann den falschen Schluß, daß der Nystagmus vom Gehirn aus seinen Ursprung nehme.

Hier haben Báránys Arbeiten über den kalorischen Nystagmus in erfreulicher Weise Wandel geschaffen. Speziell möchte ich hier von seinen zahlreichen klassischen Beobachtungen, die uns noch später ausführlicher beschäftigen werden, die eine Tatsache herausgreifen, auf die ich schon oben kurz aufmerksam machte, daß ihm mit Hilfe des kalorischen Nystagmus der einwandsfreie Nachweis einer einseitigen Erkrankung des Ohrlabyrinthes gelang. Die Untersuchung des Bogengangsapparates mittels des Drehnystagmus mußte hier schon auf Grund der einfachen Überlegung im Stich lassen, daß ja bei der Drehung beide Vestibularapparate in Erregung versetzt werden, während bei der Prüfung des kalorischen Nystagmus nur ein Ohrlabyrinth jedesmal in Funktion tritt.

Neben Bárány möchte ich nicht verfehlen, zum Schluß der historischen Darstellung Namen wie Rosenfeld, Barthels, Hofer, Cassirer und Löser zu nennen, Autoren, deren Arbeiten in jüngster Zeit viel zur Klärung des Dreh- und kalorischen Nystagmus beigetragen haben.

II. Anatomie und Physiologie des Vestibularapparates.

Bevor ich an die spezielle Darstellung der modernen Lehre vom vestibulären Nystagmus gehe, möchte ich meinen Ausführungen eine kurze Skizze über die Anatomie des Vestibularapparates vorausschicken. Der Vestibularapparat setzt sich zusammen aus Sacculus, Utriculus und den drei halbzirkelförmigen Kanälen. Letztere liegen in drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen des Raumes und sind so angeordnet, daß der eine in die Horizontalebene fällt, während die beiden anderen vertikal gestellt sind. Von den beiden vertikalen Bogengängen bildet der vordere einen nach vorn offenen, der hintere einen nach hinten offenen Winkel von 45° mit der Sagittalebene des Körpers. Beim Vergleich beider Bogengangsapparate ergibt sich somit, daß der rechte vordere vertikale mit dem linken hinteren vertikalen in einer Ebene liegt, während der ebenfalls in einer Ebene gelegene linke vordere vertikale und rechte hintere vertikale Bogengang auf den beiden ersten senkrecht steht. Zu je einem Bogengang gehört eine Ampulle, deren Lage zum Bogengang von einschneidender Bedeutung für den Ablauf der

physiologischen Vorgänge ist. Die Ampullen des horizontalen und vorderen vertikalen Bogenganges befinden sich an deren lateralen Enden, die des hinteren Bogenganges an dessen unterem Ende. Durch die Einmündung der Bogengänge in den Utriculus ist ein Gefäßsystem geschaffen, das einen Kreislauf der in ihr befindlichen Endolymphe ermöglicht. Ausgekleidet ist das häutige Ohrlabyrinth von einem platten Epithel, das sich an den Ampullen zu den Cristae acusticae und im Utriculus und Sacculus zu den Maculae acusticae verdickt. Hier findet sich ein spezifisches Sinnesepithel, welches zweierlei Zellen trägt, die Haarzellen, auch Hörhaare genannt, und die als Stützzellen dienenden Fadenzellen. Die Haare der Haarzellen tragen die sog. Cupula, eine homogene, gelatinöse Membran, in der krystallinische Kalkkonkremente, die Otolithen, eingelagert sind. Zwischen den Haarzellen finden sich die Endausbreitungen des Nervus vestibularis. Soviel über die Anatomie des Ohrlabyrinthes.

Den Zusammenhang zwischen Bogengangsapparat und Augenbewegung konnte Barthels experimentell bestätigen. An den freipräparierten Augenmuskeln des Kaninchens ergab sich bei Reizung eines Bogengangsapparates eine Änderung des Tonus sämtlicher Masculi recti, die ganz objektiv durch graphische Registrierung festgestellt werden konnte. Es kam hierbei zu einer Kontraktion des Externus der gereizten Seite und des Internus der anderen Seite, während die Antagonisten erschlafften. Es ist somit experimentell der Beweis erbracht, daß Reizung eines Ohrlabyrinthes vorwiegend Augenbewegungen zur selben Seite auslöst.

Weiter lehrt der oben beschriebene Ewaldsche Versuch, daß Endolymphbewegungen und Nystagmus in ursächlichem Zusammenhang stehen. Dieses ist folgendermaßen zu erklären: Eine Endolymphbewegung macht eine Verschiebung der Cupula, und dies wird als Reiz von den Endausbreitungen des Nervus vestibularis zum Zentrum fortgeleitet. Über die Nervenbahnen, die dieser Reizleitung dienen, herrscht noch keine vollkommene Übereinstimmung. Ihre genauere Kenntnis ist zum Verständnis der folgenden Ausführungen auch nicht erforderlich.

III. Die verschiedenen Arten des Nystagmus.

Unter Nystagmus versteht man unwillkürliche, nicht zu unterdrückende Bewegungen eines Bulbus, die nach den verschiedensten Richtungen hin erfolgen können. Prinzipiell unterscheidet man hier zwei Typen von Nystagmus: Einen undulierenden oder optischen und den sogenannten rhythmischen oder vestibulären Nystagmus.

Der optische Nystagmus ist dadurch charakterisiert, daß beide Bewegungen gleich rasch erfolgen, also einem gleichmäßigen Pendeln des Auges vergleichbar sind.

Spontan findet er sich:

1. Angeboren als Folge einer angeborenen oder zum mindesten früh erworbenen Schwachsichtigkeit (Cataracta congenita, dichte Hornhauttrübungen blennorrhoischen Ursprungs, Retinitis pigmentosa, Albinismus usw.). Der Nystagmus ist hier nicht als Folge fruchtloser Fixationsversuche anzusehen, sondern die Unmöglichkeit der Fixation läßt gewisse zentrale Erregungen, die von subkortikalen Zentren ausgehen (Reflexe), in Erscheinung treten.

2. Findet sich der optische Nystagmus als Gewerbekrankheit bei Bergleuten und wurde bisher als funktionelle Neurose infolge Überanstrengung der Augenmuskeln angesehen. Man erklärte sich dieses Vorkommnis als Summation der erschwerten Fixierung in der Dunkelheit und der unnatürlichen Lage (Rückenlage oder kauernde Stellung mit schräg nach oben gerichteten Gesichtslinien), die die Bergleute bei ihrer Arbeit einnehmen.

Entgegen dieser bis jetzt allgemein verbreiteten Ansicht über die Entstehung dieser Nystagmusform der Bergleute findet sich in der modernen englischen Literatur eine Erklärung für dieses Phänomen, die bis jetzt wenig bekannt sein dürfte.

Elworthy hat auf Grund umfangreicher Untersuchungen festgestellt, daß sich bei den Arbeitern der Kohlenbergwerke dieser Nystagmus in 60 bis 70% findet, während die Bergleute andrer Gruben, wo Zink und Blei gefördert wird, davon verschont bleiben.

Ferner weisen unter den Arbeitern der Kohlenbergwerke diejenigen, die als Pferdeknechte in Ställen mit weißgetünchten Wänden beschäftigt waren, ebenfalls keinen Nystagmus auf. Daher soll das vollkommene Fehlen jeder Farbe in der Umgebung des dauernd bei künstlichem Lichte Arbeitenden zu einer Erschöpfung der Augen führen und somit den Nystagmus bedingen.

Künstlich läßt sich der optische Nystagmus auf einfachste Weise durch Karusselfahren erzeugen. Bárány hat diese Form des Nystagmus früher als durch vestibuläre Reize bedingt angesehen. In neuerer Zeit hat er sich aber wieder für die optische Entstehung ausgesprochen. Ferner sehen wir optischen Nystagmus entstehen bei der Fixierung schnell am Auge vorüberziehender Gegenstände, wie man dies leicht im Eisenbahnabteil nachweisen kann, wenn man während der Fahrt die Versuchsperson die am Fenster vorbeiziehenden Gegenstände fixieren läßt.

Um jederzeit einen optischen Nystagmus hervorrufen zu können, hat Bárány einen Apparat angegeben, welcher aus einer mit schwarzen Streifen beklebten Rolle besteht, die vor den Augen der zu untersuchenden Person in Rotation versetzt wird. Je nachdem man die Richtung, in der die Trommel gedreht wird, ändert, kann man nach allen Seiten hin beliebig Nystagmus erzeugen.

Im Gegensatz zum optischen Nystagmus ist für den rhythmischen Nystagmus das Vorhandensein einer raschen und einer langsamen Phase der Bewegung typisch. Der rhythmische Nystagmus wird reflektorisch vom Ohrlabyrinth oder Nervus vestibularis ausgelöst. Die Richtung des Nystagmus wird ganz willkürlich nach der Richtung der raschen Phase bezeichnet. Wir unterscheiden weiterhin den Nystagmus nach der Richtung seiner Ausschläge als horizontal, vertikal, diagonal und rotatorisch. Bezüglich des letzteren sei noch hinzugefügt, daß wir als Nystagmus rotatorius nach links den im Sinne des Uhrzeigers laufenden, als Nystagmus rotatorius nach rechts den im entgegengesetzten Sinne der Uhrzeigerbewegung ablaufenden Nystagmus bezeichnen. Der rhythmische Nystagmus kann einmal spontan vorhanden sein. So finden wir geringen spontanen horizontalen und rotatorischen Nystagmus bei etwa 60% gesunder Menschen in den Endstellungen des Auges, dagegen stärkeren spontanen Nystagmus, der deshalb auch als pathologisch anzusehen ist, bei Erkrankungen des Ohres und des Nervensystems (Sclerosis multiplex, hereditäre Friedreichsche Ataxie, Tumoren des Groß- und Kleinhirns, Meningitis luetica, cerebrale und cerebellare Blutungen, cerebrale Kinderlähmung, Lues cerebri usw.). Den Nystagmus dieser Nervenkrankheiten bezeichnen wir als zentralen im Gegensatz zum labyrinthären Nystagmus, weil er intrakraniell ausgelöst ist. Seine Entstehung wird auf Herde in der Kernregion des Nervus vestibuli (Deitersscher und Bechterewscher Kern) zurückgeführt. Vielleicht ist auch eine Zerstörung des hinteren Längsbündels ätiologisch in Betracht zu ziehen.

Daß wir dem zentralen Nystagmus speziell bei der multiplen Sklerose begegnen, ist dem Umstande zuzuschreiben, daß sie sich mit Vorliebe im Kerngebiet des Nervus vestibularis und seiner Bahnen lokalisiert. Bei raumbeschränkenden Tumoren des Groß- und Kleinhirns ist eine intrakranielle Fernwirkung ätiologisch nicht mit Sicherheit auszuschließen. Charakteristisch ist für diesen zentralen Nystagmus, daß er durch Blick in die Richtung der raschen Nystagmusphase verstärkt, durch Blick nach der entgegengesetzten Seite abgeschwächt oder gar aufgehoben wird.

Haben wir es nun mit Personen zu tun, die spontan keinen Nystagmus aufweisen, so liegt es in unserer Macht, künstlich durch Reizung des Vestibularapparates einen Nystagmus jeder gewünschten Richtung und Qualität hervorzurufen. Dazu stehen uns verschiedene Mittel und Wege zur Verfügung:

1. Die Drehung der zu untersuchenden Person auf dem Drehstuhl,
2. die Kalorisation des Ohrlabyrinthes,
3. die galvanische Reizung des Ohrlabyrinthes,
4. die Kompression und Aspiration der Luft des äußeren Gehörganges.

Von diesen verschiedenen Methoden sollen uns hier nur der Dreh- und kalorische Nystagmus interessieren.

IV. Die Lehre vom Drehnystagmus.

Wenn wir die einfachste Drehung der zu untersuchenden Person zum Ausgangspunkt unserer Erörterung nehmen, wie wir sie erhalten durch alleinige schnelle Drehung des Kopfes nach rechts oder links, durch brüskes Beugen des Kopfes nach vorn oder hinten, oder schließlich durch rasches Neigen des Kopfes auf die linke oder rechte Schulter, so werden wir schon bei dieser primitiven Drehung aus rein theoretischen Gründen einen Nystagmus erwarten dürfen. Denn jede, wenn auch noch so kurze Bewegung des Kopfes muß eine entsprechende Endolymphbewegung zur Folge haben. Breuer, der sich zuerst mit dieser Frage beschäftigte, konnte sich auf Grund seiner Experimente nicht von der Bestätigung dieser theoretischen Forderung überzeugen.

Bárány war es vorbehalten, durch einen Kunstgriff des Rätsels Lösung zu finden. Indem er seinen Patienten eine undurchsichtige Brille aufsetzte, schloß er die den Nystagmus wesentlich beeinträchtigende Fixation des Blickes aus und konnte so bei der Mehrzahl seiner Patienten einen, wenn auch nur geringen, aber doch deutlichen Nystagmus zur Gegenseite wahrnehmen.

Dreht man beispielsweise den senkrecht gestellten Kopf nach rechts, so erhält man einen horizontalen Nachnystagmus nach links von geringen, aber deutlichen Ausschlägen. Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter ergibt einen rotatorischen Nachnystagmus nach links. Bei Beugung des Kopfes um 90° nach vorn beobachtet man einen vertikalen Nachnystagmus nach oben (in bezug auf den Kopf).

Aus dem durch einfache Drehung, Beugung oder Neigung des Kopfes entstandenen Nystagmus können wir keine großen diagnostischen Schlüsse ziehen. Dazu bedarf es einer stärkeren Drehung, wie wir sie auf dem Drehstuhl vornehmen. Die Untersuchungstechnik ist folgende:

Die zu untersuchende Person nimmt auf einem Drehstuhl Platz, der sich in einem Gewinde ohne Ende dreht. In Drehung versetzt wird der Stuhl am besten durch eine an der Rückenlehne befestigte, über den Kopf des Patienten hinausragende eiserne Stange, die ein gleichmäßiges Drehen ermöglicht. Nach Beendigung der Drehung muß der Drehstuhl möglichst brüsk angehalten werden, was in Ermangelung einer federnden Stoppvorrichtung, die im übrigen ganz brauchbar ist, auch mit der Hand geschehen kann.

Diese Methode der Drehung hat den Nachteil, daß sich der während der Drehung manifestierende Nystagmus der Beobachtung entzieht. Die Feststellung dieses Nystagmus gelingt, wenn der Patient auf eine Drehscheibe gesetzt wird, auf der der Untersucher gleichfalls zur Vor-

nahme seiner Beobachtungen Platz nehmen kann. Hierbei macht man die Wahrnehmung, daß im Beginn der Drehung ein der Drehungsrichtung gleichgerichteter Nystagmus einsetzt, der bei längerer Drehung nach individuell sehr verschiedener Dauer allmählich erlischt. Erst mit dem Augenblicke, wo die Drehung plötzlich sistiert, tritt ein neuer Nystagmus auf, der jetzt in der entgegengesetzten Richtung schlägt. Die Erfahrung hat gelehrt, daß man auf diesen während der Drehung entstehenden Nystagmus gut verzichten kann, da der nach Beendigung der Drehung auftretende Nachnystagmus durchaus einwandsfreie Resultate liefert. Infolgedessen verzichtet man allgemein auf die schwer zu handhabende und unbequeme Drehscheibe zugunsten des leicht zu bedienenden und ohne große Kosten zu beschaffenden Drehstuhls.

Um einen möglichst intensiven Nystagmus zu erzielen, genügen 10 Drehungen innerhalb 20—22 Sekunden. Mehr oder weniger Drehungen führen erfahrungsgemäß zu geringeren Resultaten betreffs der Dauer des Nystagmus, und zwar stimmt die Dauer des Nystagmus nach 5- und 20maliger Drehung nahezu überein; doch besteht insofern ein Unterschied zwischen beiden, als der Nystagmus nach 20maliger Drehung vor dem ersteren durch seine stärkeren und schnelleren Ausschläge ausgezeichnet ist. Zwischen 20- und 60maliger Drehung besteht hinsichtlich der Intensität und Zahl der Ausschläge kein wesentlicher Unterschied. Gelegentlich bereits nach 20maliger, häufiger aber nach mehr als 20 Umdrehungen begegnet man dem Phänomen des Nachnachnystagmus, d. h. der nach Beendigung der Drehung auftretende und nach der der Drehungsrichtung entgegengesetzten Seite schlagende Nachnystagmus wird nach wenigen Sekunden durch einen viel länger dauernden Nachnachnystagmus abgelöst, der wieder in der Richtung der ursprünglichen Drehung schlägt.

Um die Fixation des Blickes während der Drehung auszuschalten, wodurch erfahrungsgemäß der Nystagmus bezüglich seiner Dauer eine wesentliche Beeinträchtigung erfährt, läßt man den Patienten die Augen schließen oder setzt ihm nach Abels Vorschlag eine undurchsichtige Brille auf.

Auch der Richtung des Blickes kommt ein entscheidender Einfluß auf Stärke und Dauer des Nystagmus zu, denn Blick in die Richtung der raschen Phase des Nystagmus macht eine Verlängerung seiner Dauer um das 2—4fache, während Blick in die entgegengesetzte Richtung zu einer Abschwächung oder sogar Aufhebung des Nystagmus führt.

Um nun auch die Leute auf ihren vestibulären Nystagmus untersuchen zu können, die in den Einstellungen des Auges Nystagmus haben, bedient man sich vorteilhafterweise eines von Bárány angegebenen Fixationsapparates, der — mit Hilfe einer Stirnbinde am Kopf befestigt — in 15 cm Entfernung von dem Auge eine Fixationsmarke trägt. Letz-

tere wird von den Augen fixiert und nun soweit seitlich eingestellt, als dies noch gerade ohne spontanes Auftreten von Nystagmus möglich ist. Diese Untersuchungstechnik garantiert dann eine sichere Abgrenzung des künstlichen Nystagmus vom spontanen.

Bevor ich über die Ergebnisse der Drehungen referiere, muß ich einige erläuternde Zeilen über die gebräuchliche Methode der Messung des Nystagmus vorausschicken. Zur genauen Beurteilung des Nystagmus ist erforderlich:

1. Die Stärke des einzelnen Ausschlages,
2. die Zahl der Ausschläge pro Minute, und
3. die Dauer der Augenzuckungen überhaupt zu messen.

Zu 1. Die Stärke des Ausschlages zu messen, etwa in Millimeter, ist bisher noch nicht gelungen. Man ist daher bis jetzt nur in der Lage, kraft seiner Erfahrung die Ausschläge ganz willkürlich als kräftig, mittelkräftig oder gering zu bezeichnen.

Zu 2. Die Zahl der Ausschläge in der Minute unterliegt derartig großen Schwankungen, daß man besser tut, ganz auf deren Zählung zu verzichten.

Zu 3. Es bleibt somit als einzig zuverlässiges Maß übrig die Messung der Gesamtdauer des Nystagmus in Sekunden. Geschultem Blick wird es hierbei nicht schwer fallen, den Nystagmus so direkt mit Hilfe einer Stoppuhr zu messen. Wer eine selbsttätige Registriervorrichtung vorzieht, bedient sich des von Buys angegebenen Nystagmographen. Dessen hauptsächlicher Bestandteil ist eine von einer elastischen Membran übersponnene metallene Hülse, die auf die geschlossenen Oberlider aufgesetzt wird. Durch die Bulbusbewegungen wird die Luft in der Hülse in Schwingungen versetzt, und dieses überträgt sich auf einen Schreibhebel, der die verschiedenen Formen des Nystagmus in verschiedenen Linien auf dem Registrierapparat wiedergibt.

Bezüglich der Richtung des Nystagmus stellen wir fest, daß während der Drehung nach rechts bei aufrechtem Kopf ein horizontaler Nystagmus nach rechts resultiert, beim Anhalten aber ein entgegengesetzter, nach links gerichteter Nachnystagmus in Erscheinung tritt. Um Mißverständnissen vorzubeugen, wie sie aus dem regellosen Gebrauch der Worte „Nystagmus“ und „Nachnystagmus“ entstehen, schlage ich vor, für den während der Drehung entstehenden sog. Drehnystagmus die Bezeichnung „Urnystagmus“ (im Gegensatz zum Nachnystagmus) einzusetzen. Ich werde von dieser Bezeichnung in meiner Arbeit stets Gebrauch machen.

Führen wir nun dieselbe Drehung wie vorhin nach rechts aus, aber bei gleichzeitiger Beugung des Kopfes um 90° nach vorn, so konstatieren wir jetzt während der Drehung einen rotatorischen Urnystagmus nach rechts und beim Anhalten einen rotatorischen Nachnystagmus nach links. Ersetzen wir die gleichzeitige Beugung des Kopfes um 90° nach

vorn durch eine analoge Beugung nach hinten, so erhalten wir einen rotatorischen Urnystagmus nach links und einen rotatorischen Nachnystagmus nach rechts. Drehung nach rechts bei Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter hat einen vertikalen Urnystagmus nach aufwärts (in bezug auf den Kopf) und einen vertikalen Nachnystagmus nach abwärts zur Folge. In den Mittelstellungen zwischen den eben erwähnten Kopfstellungen werden wir infolge der gleichzeitigen Reizung mehrerer Bogengänge mit Kombinationen verschiedener Nystagmusformen zu rechnen haben. So würde beispielsweise eine Rechtsdrehung bei gleichzeitiger Neigung des Kopfes um 45° nach vorn als Urnystagmus eine Kombination von horizontalem und rotatorischem Nystagmus nach rechts ergeben, dagegen als Nachnystagmus eine Kombination von horizontalem und rotatorischem Nystagmus nach links. Es läßt sich somit auf Grund der obigen Überlegungen folgender Grundsatz formulieren (Bárány): Bei Drehung um die vertikale Körperachse ist die Schnittlinie der Horizontalebene mit der Cornea für die Art des Nystagmus bestimmend und der Nystagmus während der Drehung mit der Drehungsrichtung korrespondierend, dagegen der Nachnystagmus der Drehungsrichtung entgegengesetzt.

Mit Hilfe dieser Drehmethode stellt sich heraus, daß die Ergebnisse der Drehung bei den verschiedenen Lebensaltern sehr variabel sind.

Bei Frühgeburten fehlt der Drehnystagmus; an Stelle dessen sind meist deutliche langsame Gegenwendungen beider Bulbi bei allen Kopfdrehungen zu konstatieren. Bei Kopfdrehung nach vorn tritt bei Säuglingen und Frühgeburten, wenn sie vorher die Lider geschlossen hatten, eine reflektorische Öffnung der Lider ein, die durch Frontaliskontraktion zu erklären ist (Barthels).

Bei Neugeborenen ist die Dauer des Nachnystagmus oft recht gering. Alexander fand hier in 22% der Fälle keinen oder nur unvollkommenen Nachnystagmus. Von 26 Kindern mit dieser abnormen Reaktion zeigten 19 in der ersten Lebenswoche, 5 erst später normales Verhalten. Von da ab steigert sich die Erregbarkeit des Ohrlabyrinths, so daß man bei Kindern, die ihre ersten Gehversuche machen, und deren Gang noch unsicher ist, die höchsten Werte für die Dauer des Nystagmus findet. Von da ab ist dann eine allmähliche Abnahme des Nystagmus zu verzeichnen. Vom 6. bis 50 Lebensjahr ergaben sich keine merklichen Unterschiede. Bárány fand hier an Gesunden folgende Werte:

Maximum des horizontalen Nystagmus	nach	rechts	98 Sek.
Maximum des horizontalen Nystagmus	„	links	120 „
Minimum des horizontalen Nystagmus	„	rechts	— „
Minimum des horizontalen Nystagmus	„	links	— „
Durchschnittswert des horizont. Nystagmus	„	rechts	41 „
Durchschnittswert des horizont. Nystagmus	„	links	39 „

Über das 50. Lebensjahr hinaus läßt sich eine allmähliche Abnahme der Nystagmusdauer wahrnehmen. Wohlverstanden sind alle diese Werte erhalten unter Berücksichtigung des Prinzipes, den Patienten während der Untersuchung in die Richtung der raschen Phase des Nystagmus blicken zu lassen, wodurch eine Verstärkung und Verlängerung der Dauer des Nystagmus um das 2—4fache erzielt wird.

Bemerkenswert ist ferner, daß der rotatorische Nystagmus, den man erhält durch Drehung bei nach vorn oder hinten um 90° gebeugtem Kopf, nur die halbe Dauer (20—24 Sek.) des Nystagmus bei aufrechter Kopfstellung hat.

Bei Tänzern, die entweder nur nach einer Seite oder nach beiden Seiten zu tanzen pflegen, sind von den verschiedenen Beobachtern ebenso verschiedene und widersprechende Resultate gezeitigt worden. Da ich nicht persönlich über Erfahrungen hierin verfüge, muß ich mich vorläufig eines Urteils enthalten.

Bei Leuten mit chronischer einseitiger Labyrinthzerstörung ist die Nystagmusdauer zur Seite des gesunden Labyrinths doppelt so groß wie zur erkrankten Seite. Man begegnet hier Durchschnittswerten von 28 : 14 Sek. für den horizontalen und 18 : 9 Sek. für den rotatorischen Nachnystagmus. Man darf jedoch diesem Zahlenverhältnis keine größere diagnostische Bedeutung zur Beurteilung eines einseitigen Labyrinthausfalles beimessen, da, wie erklärlich, auf beide Labyrinthe durch die Drehung ein Reiz ausgeübt wird. Diese Lücke wird ausgefüllt durch die kalorische Prüfung des Bogengangsapparates.

V. Das Phänomen des Drehnystagmus im Lichte meiner Theorie.

1. Warum entsteht bei Rechtsdrehung auf dem Drehstuhl bei aufrechter Stellung des Kopfes während der Drehung ein horizontaler Urnystagmus nach rechts und beim Anhalten ein horizontaler Nachnystagmus nach links?

Dreht man den Kopf der zu untersuchenden Person um die vertikale Achse nach rechts, so wird die bis dahin im Ruhezustande verharrende Endolymphe der horizontalen Bogengänge eine Verschiebung erfahren, und zwar nach dem Gesetz der Trägheit im umgekehrten Sinne der Bewegung des Kopfes. Diese Verschiebung der Endolymphe ist vergleichbar dem Rückstoß, den wir, auf einem Wagen stehend, in dem Moment erhalten, wo dieser sich in Bewegung setzt. Die Endolymphe wird also in unserem Beispeil eine Verschiebung erfahren, und zwar im rechten horizontalen Bogengang zur Ampulle, dagegen im linken horizontalen Bogengang von der Ampulle weg zur Kuppe des Kanals (siehe Fig. 1).

Diese Bewegung der Endolymphe hat eine Verschiebung der Cupula in der Stromrichtung zur Folge, und diese letztere wirkt als Reiz, der nun zum Zentrum fortgeleitet und in Nystagmus umgesetzt wird. Nach

Ewalds Versuchen, von denen ich bereits in der historischen Übersicht einen ausführlicher beschrieb, hat sich nun die Bewegung zur Ampulle im horizontalen Bogengang als die wirksamere herausgestellt. Sie hat einen horizontalen Nystagmus zur Seite des gereizten Labyrinths zur Folge.

Während der Drehung nach rechts wird also auf das rechte Labyrinth ein stärkerer Reiz ausgeübt werden, welcher den in derselben Richtung, d. h. mit seiner raschen Phase nach rechts gerichteten physiologischen Urnystagmus bedingt. Ebenso wie wir nach dem Anfahren des Wagens, nachdem sich der bekannte Rückstoß erschöpft hat, die Bewegung des Wagens gleichsam mitmachen, als wenn wir mit dem Wagen ein gemeinsames Ganzes bildeten, so wird auch die Endolymphe, wenn sie den Rückstoß durch Reibungswiderstand usw. überwunden hat, wozu Bruchteile einer Sekunde genügen, die Bewegung des Bogen-

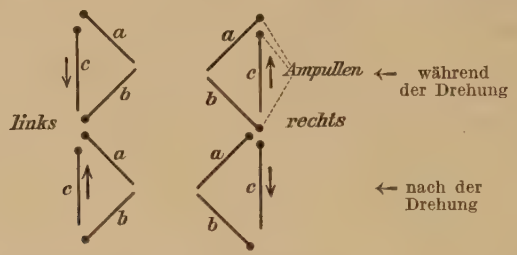


Fig. 1 stellt die Bogengänge mit ihren zugehörigen Ampullen in der Ansicht von oben schematisch dar. Die Richtung der Pfeile zeigt die Strömung der Endolymphe an.
a vorderer vertikaler Bogengang
b hinterer „ „
c horizontaler Bogengang.

ganges während der Drehung mitmachen, als wenn sie darin eingefroren wäre. In dem Augenblick jedoch, wo die Drehung des Kopfes sistiert, wird die Endolymphe nach dem Gesetz der Trägheit im Sinne der Drehung noch ein Stück weiterfließen, ehe sie sich durch Reibungswiderstand usw. erschöpft. Dieses Über-das-Ziel-hinausschießen der Endolymphe setzt einen neuen Reiz auf die Cupula, denn diese jetzige Bewegung ist der ursprünglichen (während der Drehung) entgegengesetzt; die Folge ist, daß jetzt nach dem Anhalten die Cupula nach der entgegengesetzten Richtung, d. h. nach der jetzigen Strömungsrichtung, verlagert wird. Die Stromrichtung der Endolymphe wird also jetzt im rechten horizontalen Bogengang von der Ampulle zum glatten Ende des Kanals, im linken horizontalen Bogengang dagegen zur Ampulle gerichtet sein.

Da letztere Strömungsrichtung die physiologisch wirksamere und somit ausschlaggebende ist, wird ein dem ursprünglich rechts gerichteten Urnystagmus entgegengesetzt, d. h. nach links gerichteter Nach-

nystagmus resultieren. Dieses ist die Erklärung, welche Bárány als erster für dieses Phänomen gegeben hat, und die auch von der Allgemeinheit bis heute als richtig anerkannt ist.

Zum Beweise der Richtigkeit der Bárányschen Erklärung habe ich folgendes Experiment gemacht:

Eine zum Ring geschlossene Glasröhre wird mit einem Gemisch von Wasser und Alkohol gefüllt, das gerade dasselbe spezifische Gewicht wie Olivenöl hat. Infolgedessen schwimmen einige Öltropfen, die man dieser Flüssigkeit beifügt, frei in dieser, ohne zu Boden zu sinken oder an die Oberfläche zu steigen.

Halte ich nun die Glasröhre so, daß ihre Ebene mit der Horizontalebene zusammenfällt, was der Lage des horizontalen Bogenganges entsprechen würde, so kann ich bei Drehung um meine Körperachse dieselben Flüssigkeitsbewegungen mit Hilfe der Öltropfen beobachten, wie sie Bárány bei Drehung um die Körperachse mit aufrechtem Kopfe angegeben hat.

Auch ich stimme also dieser Bárányschen Theorie für den Spezialfall bei, daß der Kopf während der Drehung genau senkrecht steht. Nimmt der Kopf dagegen irgend eine andere beliebige Stellung während der Drehung ein, so ist meine Meinung über die Entstehung des daraus resultierenden Nystagmus grundverschieden von der Báránys und der Allgemeinheit der Untersucher, die sich bis heute mit dieser Frage beschäftigt haben.

Bárány sieht in einer Drehung des Kopfes um die vertikale Achse einen Einfluß allein auf den horizontalen Bogengang.

Daß die vertikalen Bogengänge ebenso gut an der Drehung teilnehmen wie der horizontale, ist doch nicht zu leugnen. Die nächste Frage muß dahin lauten: Welchen Einfluß hat diese Drehung auf die vertikalen Bogengänge? Diese Frage und die dazugehörige Antwort vermisse ich bei Bárány wie bei der gesamten Literatur. Die Antwort habe ich in Folgendem gegeben: Bei einer Bewegung in horizontaler Richtung können Teile einer Flüssigkeit nur eine Verschiebung parallel zueinander in der Richtung der Bewegung erfahren. Dieses bedeutet — auf die vertikalen Bogengänge angewandt —, daß die Flüssigkeitsteilchen der Endolymphe proportional mit den Endolymphbewegungen des horizontalen Bogenganges gegen die der Bewegungsrichtung gegenüber liegende Wand des halbzirkelförmigen Kanals gegengedrückt werden und hier einen Druck auf die Wand des Kanals ausüben.

Diese Endolymphbewegung ist natürlich in praxi gleich Null, da Flüssigkeiten unter gewöhnlichen Umständen ohne erheblichen Fehler als unzusammendrückbar anzusehen sind. Vergleichsweise führe ich nur an, daß Wasser durch einen Druck von 1 kg pro Kubikzentimeterum 50 Milliontel seines Volumens zusammengepreßt wird. Ganz abgesehen davon

ist ja nur eine Bewegung von oder zur Ampulle als Reiz auf die Cupula anzusehen, und eben diese findet hierbei nicht statt. Also ergibt sich, daß bei der Drehung des Kopfes um die vertikale Achse die beiden vertikalen Bogengänge ohne Einfluß auf den Nystagmus der Augen sind.

Ich fasse somit das Ergebnis dieser meiner Überlegung in folgendem Grundsatz zusammen:

Bei der Drehung des Kopfes um eine beliebige Achse haben diejenigen Bogengänge, welche senkrecht zur Drehungsrichtung stehen, keinen Einfluß auf den Nystagmus der Augen (Gesetz Nr. I).

Bárány hat somit ganz recht, wenn er in einer Drehung bei aufrechtem Kopf nur einen Einfluß auf den horizontalen Bogengang sieht, er muß aber auch beweisen, warum die vertikalen Bogengänge von der Drehung unbeeinflußt bleiben.

2. Warum entsteht bei Rechtsdrehung und gleichzeitiger Beugung des Kopfes um 90° nach vorn ein rotatorischer Urnystagmus nach rechts und ein rotatorischer Nachnystagmus nach links?

Bisher wurde die Erklärung dieses Phänomens darin gesehen, daß bei Beugung des Kopfes um 90° nach vorn der vordere vertikale Bogengang annähernd horizontal stehen soll. Während der Rechtsdrehung sollte nun analog wie im horizontalen Bogengang des vorigen Beispiels eine Endolymphbewegung im vorderen vertikalen Bogengang zustande kommen, die im rechten vorderen vertikalen Bogengang von der Ampulle zur Kuppe des Kanals, im linken zur Ampulle gerichtet sein sollte. Die Endolymphbewegung im rechten vorderen vertikalen Bogengang von der Ampulle weg macht Nystagmus zur selben Seite, da Ewald nachgewiesen hat, daß in den vertikalen Bogengängen (umgekehrt wie im horizontalen) die Strömung von der Ampulle weg die wirksamere ist. Da nun Endolymphströmung im vorderen vertikalen Bogengang angeblich rotatorischen Nystagmus zur Folge hat, so wird damit während der Drehung das Auftreten eines Nystagmus rotatorius nach rechts erklärt. Da beim Anhalten analog wie im ersten Beispiel die entgegengesetzte Lymphströmung zustande kommt, so würde ein rotatorischer Nachnystagmus nach links resultieren, weil jetzt im linken vorderen vertikalen Bogengang die ausschlaggebende Endolymphströmung von der Ampulle weg erfolgt.

Diese Anschauung ist meines Erachtens nicht zutreffend; sie hat zur Voraussetzung, daß bei Beugung des Kopfes um 90° nach vorn der vordere vertikale Bogengang mit der Horizontalebene zusammenfällt. Dieses tut er natürlich nicht, denn der vordere vertikale Bogengang bildet schon bei Aufrechtstellung des Kopfes mit der Frontalebene einen nach vorn offenen Winkel von 45°, ebenso wie der hintere verti-

kale Bogengang mit der Frontalebene einen nach hinten offenen Winkel von 45° einschließt.

Aus dieser anatomischen Lage geht schon eindeutig hervor, daß die Ebene des vorderen vertikalen Bogenganges nie mit der Ebene des Nystagmus rotatorius zusammenfallen kann. Bei Neigung des Kopfes nach vorn um 90° bildet der vordere vertikale Bogengang natürlich wiederum einen nach unten offenen Winkel von 45° mit der Horizontalebene. Es müßte also nach dem Flourensschen Gesetz eine Endolymphströmung in diesem Bogengang bei Rechtsdrehung und gleichzeitiger Beugung des Kopfes um 90° nach vorn einen diagonalen Urnystagmus nach rechts unten und einen diagonalen Nachnystagmus nach links oben zur Folge haben. Damit stimmen aber die bisherigen Beobachtungen bei obiger Drehung nicht überein. Also gibt es nur zwei Möglichkeiten: Entweder haben die bisherigen Untersuchungen falsche Resultate gezeitigt oder meine Theorie ist falsch.

Keins von beiden.

Wenden wir bei dieser Versuchsanordnung einmal den übrigen Bogengängen unsere Aufmerksamkeit zu, so werden wir finden, daß bei der Beugung des Kopfes nach vorn um 90° der horizontale Bogengang mit der Frontalebene zusammenfällt, während der hintere vertikale mit der Horizontalebene einen nach oben offenen Winkel von 45° bildet. Bei der Drehung findet nun im horizontalen Bogengang nach dem von mir formulierten Gesetz Nr. I keine Endolymphbewegung statt, weil er auf der Drehungsrichtung senkrecht steht. Dagegen sehe ich nicht ein, warum denn im hinteren vertikalen Bogengang keine Endolymphbewegung stattfinden soll. Mit demselben Rechte, mit dem wir hier theoretisch eine Lymphstsömung im vorderen vertikalen Bogengang annehmen, müssen wir auch eine solche im hinteren vertikalen Bogengang annehmen, da beide denselben Winkel mit der Horizontalebene einschließen. Nehmen wir also die Endolymphströmung im hinteren vertikalen Bogengang bei obiger Versuchsanordnung zum Gegenstand unserer Überlegung, so müssen wir rechts während der Drehung eine Lymphströmung von der Ampulle weg, links zur Ampulle konstatieren. Da die Bewegung von der Ampulle weg auch im hinteren vertikalen Bogengang die wirksamere ist, so erhalten wir einen Urnystagmus nach rechts. Beim Anhalten tritt die entgegengesetzte Strömung auf, rechts zur Ampulle, links von der Ampulle weg; also Nachnystagmus nach links. Wenden wir auch hier das Florenssche Gesetz an, so erhalten wir bei alleiniger Lymphströmung im hinteren vertikalen Bogengang einen diagonalen Urnystagmus nach rechts oben und einen diagonalen Nachnystagmus nach links unten.

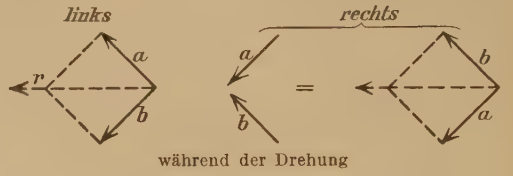
Die Drehung nach rechts wirkt nun auf beide vertikale Bogengänge in gleichstarker Weise ein; wir erhalten also eine combinierte Wirkung

der Endolymphströmung im vorderen und hinteren vertikalen Bogengang, wie sie umstehende Figur 2 schematisch andeutet.

Als was stellt sich nun die kombinierte Wirkung dar?

Die während der Drehung in beiden vertikalen Bogengängen erfolgende Endolymphströmung zur Ampulle kann man vergleichen mit zwei Kräften *a* und *b*, die — beide gleich stark — in verschiedener Richtung (hier unter einem Winkel von 90°) aufeinander wirken (siehe Fig. 3). Die Resultate *r* aus beiden ist nach dem Gesetz vom Parallelogramm der Kräfte die Diagonale des Rechtecks, das aus den beiden Seiten konstruiert werden kann. Dasselbe ist auch rechts der Fall, und zwar aus folgendem Grunde: Nach physikalischem Gesetz können

Fig. 2.



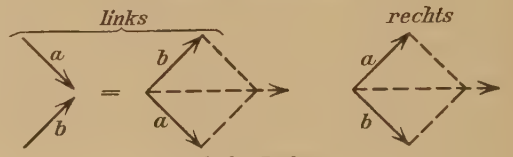


Fig. 3.

zwei Kräfte *a* und *b*, welche sich schneiden, nach dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte zu einer Mittelkraft vereinigt werden, indem man die Richtung jeder Kraft ohne Änderung ihrer Wirkung durch Verschiebung in ihrer eigenen Richtung verändert. Das Umgekehrte ist der Fall beim Nachnystagmus, wie Fig. 3 zeigt. Die Resultante hier gibt also die Richtung desjenigen Bogenganges an, den man durch Kombination beider vertikalen Bogengänge erhält. Zur Erleichterung des Verständnisses können wir also bei gleichsinniger Strömung in beiden vertikalen Bogengängen diese ersetzen durch einen ebensolchen vertikalen, aber frontal gestellten Bogengang. Wenden wir auf diesen das Flourenssche Gesetz an, so muß hier eine Endolymphbewegung einen rotatorischen Nystagmus zur Folge haben, da ja jetzt die Ebene dieses hypothetischen Bogenganges mit der des Nystagmus rotatorius zusammenfällt. Folglich macht Endolymphbewegung in diesem hypothetischen Bogengang einen rotatorischen Nystagmus, der während der Drehung nach rechts, beim Anhalten nach links gerichtet ist.

Somit geht als Regel:

Gleichzeitige, gleichstarke und gleichsinnige Endolymphbewegungen in den vertikalen Bogengängen haben

einen rotatorischen Nystagmus zur Folge (Gesetz Nr. II).

3. Warum entsteht bei Rechtsdrehung und gleichzeitiger Beugung des Kopfes um 90° nach hinten ein rotatorischer Urnystagmus nach links und ein rotatorischer Nachnystagmus nach rechts?

Bei dieser Kopfstellung bildet der vordere vertikale Bogengang mit der Horizontal- oder Drehungsebene einen nach oben offenen Winkel von 45°, der hintere vertikale einen ebensolchen, aber nach unten offenen Winkel. Nach dem im vorigen Kapitel Erläuterten beteiligen sich beide vertikalen Bogengänge an der Drehung, während der horizontale, da er zur Drehungsebene senkrecht steht, wirkungslos ist. Im Beginn der Drehung findet also rechts eine Endolymphbewegung in beiden vertikalen Bogengängen zur Ampulle statt, links von der Ampulle weg (siehe Fig. 4).

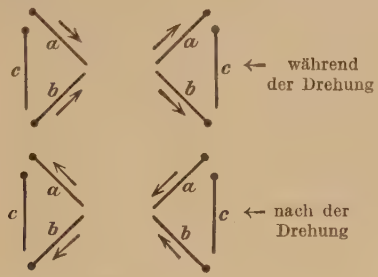


Fig. 4.

Da es sich um eine gleichsinnige Bewegung in beiden Bogengängen handelt, ergibt sich nach meinem Gesetz II ein rotatorischer Urnystagmus, der nach links gerichtet sein muß, da links die wirksamere Bewegung von der Ampulle weg stattfindet. Beim Anhalten tritt die entgegengesetzte Lymphströmung auf, die jetzt rechts von der Ampulle weg, links zur Ampulle gerichtet ist und infolgedessen einen rotatorischen Nachnystagmus nach rechts zur Folge hat.

4. Warum erhalten wir bei Rechtsdrehung und gleichzeitiger Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter einen vertikalen Urnystagmus nach oben und einen vertikalen Nachnystagmus nach unten?

Bei dieser Versuchsanordnung steht der horizontale Bogengang senkrecht zur Drehungsebene und ist somit nach Gesetz I wirkungslos, während die vertikalen Bogengänge einen Winkel von 45° mit der Drehungsebene einschließen. Im Beginn der Drehung erfolgt also (siehe Fig. 5 a) rechts im vorderen vertikalen Bogengang eine Endolymphströmung zur Ampulle, im hinteren vertikalen von der Ampulle weg, links ebenso im vorderen vertikalen von der Ampulle weg, im hinteren vertikalen zur Ampulle.

Welche Resultante erhalten wir aus der Kombination der jetzt einander entgegengesetzt gerichteten Lymphströme?

Ich knüpfe hier wieder an das schon einmal zitierte physikalische Gesetz an, wonach zwei einander entgegengesetzte Kräfte, welche sich schneiden, nach dem Satz vom Parallelogramm der Kräfte zu einer Mittelkraft vereinigt werden können, indem man die Richtung jeder oder der einen Kraft ohne Änderung ihrer Wirkung durch Verschiebung in ihrer eigenen Richtung verändert. Die Fig. 5 b erläutert dieses.

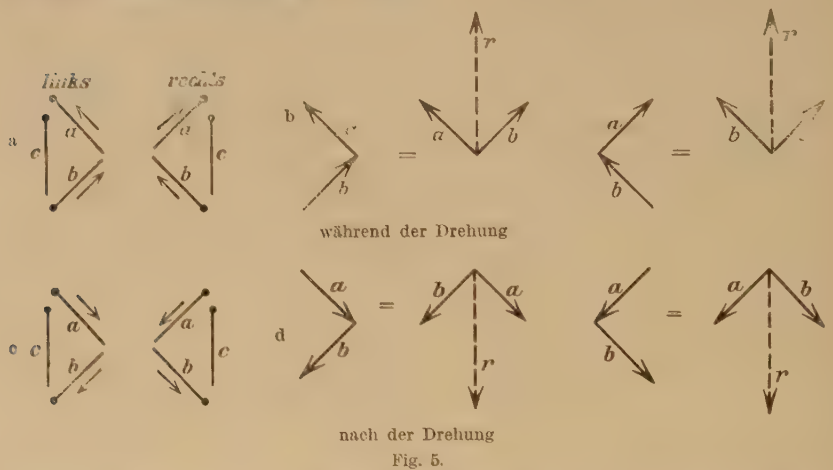


Fig. 5.

Wir erhalten also aus der Kombination beider vertikalen Bogengänge jetzt einen solchen in der Sagittalebene. Nach dem Flourensschen Gesetz muß Endolymphbewegung in einem sagittalen Bogengang vertikalen Nystagmus bedingen. Folglich erhalten wis jetzt aus einer Endolymphströmung in diesem hypothetischen Bogengang einen vertikalen Nystagmus der — entgegengesetzt der Strömungsrichtung — nach oben (in bezug auf den Kopf) gerichtet sein muß.

Welche Endolymphbewegungen beobachten wir nun beim Sistieren der Drehung? Hier wird die Endolymphe jetzt rechts im vorderen vertikalen Bogengang von der Ampulle weg, im hinteren zur Ampulle gerichtet sein, links ebenfalls im vorderen vertikalen von der Ampulle weg, im hinteren vertikalen zur Ampulle. Fig. 5 c veranschaulicht dieses, Fig. 5 d zeigt die resultierenden Endolymphbewegungen im hypothetischen sagittalen Bogengang, die, von vorn nach hinten verlaufend, vertikalen Nachnystagmus nach unten bedingen. Ich formuliere also aus diesen meinen Beobachtungen folgendes neue Gesetz:

Gleichzeitige, gleichstarke, aber ungleichsinnige Endolymphbewegung in den vertikalen Bogengängen hat einen vertikalen Nystagmus zur Folge (Gesetz III).

5. Warum entsteht bei Rechtsdrehung und gleichzeitiger Neigung des Kopfes um 45° nach vorn eine Kombination von horizontalem und rotatorischem Urnystagmus nach rechts und horizontalem und rotatorischem Nachnystagmus nach links?

Bei obiger Kopfhaltung bilden sämtliche drei Bogengänge einen Winkel von 45° mit der Drehungsebene. Folglich müssen alle drei in gleichstarker Weise durch die Drehung beeinflußt werden. Im Beginn der Drehung finden daher folgende Endolymphbewegungen statt (siehe Fig. 6 a):

Links	Rechts
Im hor. Bggg.: v. d. Amp. w.	Im hor. Bggg.: zur Amp.
Im v. v. Bggg.: zur Amp.	Im v. v. Bggg.: v. d. Amp. w.
Im h. v. Bggg.: zur Amp.	Im h. v. Bggg.: v. d. Amp. weg.

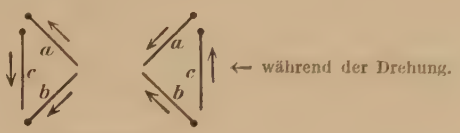


Fig. 6a.

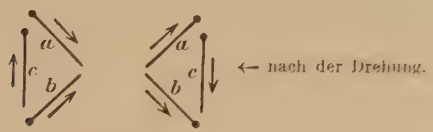


Fig. 6b.

Wir erhalten also eine Kombination von rotatorischem und horizontalem Urnystagmus nach rechts.

Umgekehrt beim Anhalten (Fig. 6 b):

Links	Rechts
Im hor. Bggg.: zur Amp.	Im hor. Bggg.: v. d. Amp. weg.
Im v. v. Bggg.: v. d. Amp. weg	Im v. v. Bggg.: zur Amp.
Im h. v. Bggg.: v. d. Amp. weg	Im h. v. Bggg.: zur Amp.

Mithin ergibt sich eine Kombination von rotatorischem und horizontalem Nachnystagmus nach links.

Allgemein ausgedrückt kann man also den Satz formulieren, daß bei Kopfstellungen zwischen aufrechter Kopfhaltung und Beugung nach vorn oder hinten um 90° oder 180° eine Kombination von horizontalem und rotatorischem Nystagmus entsteht (Gesetz Nr. IV).

Analog ergibt sich bei Kopfstellungen zwischen vertikaler Kopfhaltung nach oben und unten und Neigung auf die

Schulter um 90° eine Kombination von horizontalem und vertikalem Nystagmus (Gesetz Nr. V).

6. Warum entsteht durch rasches Drehen des Kopfes nach rechts um einen Winkel von 90° ein horizontaler Nachnystagmus nach links?

Es handelt sich hier um denselben Vorgang wie bei der Drehung auf dem Drehstuhle bei aufrechter Kopfhaltung. Der einzige Unterschied zwischen beiden liegt nur in der Dauer der Drehung. Daß hierbei kein Urnystagmus zur Beobachtung gelangt, hat seine besondere Begründung in der kurzen Zeit der Drehung. Da nämlich eine einfache Drehung des Kopfes nach der Seite nicht mehr als den Bruchteil einer Sekunde in Anspruch nimmt, muß der Nachnystagmus mit dem Urnystagmus kollidieren. Erfahrungsgemäß ist nun der Nachnystagmus stets von längerer Dauer als der Urnystagmus; der größte Teil dieses Nachnystagmus wird folglich dazu verwandt werden, um den ursprünglichen Urnystagmus durch Kompensation auszuschalten. Der aus der Differenz beider resultierende Grad von Nachnystagmus wird infolgedessen nicht bedeutend sein, zumal eine einfache Drehung des Kopfes nur eine recht bescheidene lokomotorische Leistung bedeutet und infolgedessen keinen großen Reiz auf das Labyrinth ausübt. Kein Wunder daher, wenn vielen Untersuchern nach solchen kurzen Kopfbewegungen der Nachnystagmus entgangen ist.

7. Warum entsteht durch schnelles Beugen des Kopfes nach vorn um einen beliebigen Winkel ein vertikaler Nachnystagmus nach oben?

Aus einer falschen Anwendung des Flourensschen Gesetzes auf den hinteren vertikalen Bogengang schließt man bis heute, daß der vertikale Nystagmus durch Endolymphbewegung im hinteren vertikalen Bogengang zustande käme. Gegen diese Behauptung muß ich auf Grund der anatomischen Lage dieses Bogenganges ganz entschieden Front machen.

Der hintere vertikale Bogengang steht bekanntlich in einem Winkel von 45° zur Sagittalebene des Körpers. Bei richtiger Anwendung des Flourensschen Gesetzes muß aus einer Endolymphströmung in diesem Bogengang ein diagonaler Nystagmus von links unten nach rechts oben resultieren. Wir haben es hier aber gar nicht mit einer ausschließlichen Lymphströmung im hinteren vertikalen Bogengang zu tun, sondern nach meinen Ausführungen in den früheren Kapiteln mit einer kombinierten Wirkung beider vertikaler Bogengänge. Der horizontale Bogengang ist ohne Einfluß, da er auf der Drehungsebene senkrecht steht (Gesetz I).

Im Beginn der Drehung findet also folgende Lymphströmung statt (Fig. 7 a):

Links	Rechts
v. v. Bggg.: v. d. Amp. weg	v. v. Bggg.: v. d. Amp. weg
h. v. Bggg.: zur Amp.	h. v. Bggg.: zur Amp.

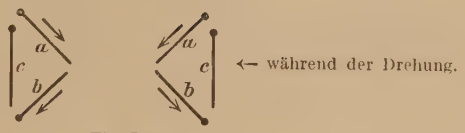


Fig. 7a.

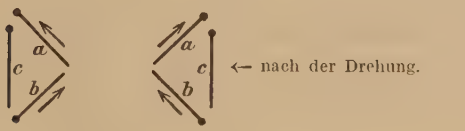


Fig. 7b.

Also eine ungleichsinnige Lymphströmung in den vertikalen Bogengängen, die nach hinten gerichtet ist. Dieses hat nach Gesetz III einen vertikalen Urnystagmus nach unten zur Folge. Daß letztere nicht wahrgenommen werden kann, erklärt sich ebenfalls aus der schnellen Aufeinanderfolge von Ur- und Nachnystagmus. Beim Sistieren der Bewegung tritt nun analog die entgegengesetzte Lymphströmung auf (Fig. 7 b):

Links	Rechts
v. v. Bggg.: zur Amp.	v. v. Bggg.: zur Amp.
h. v. Bggg.: v. d. Amp. weg	h. v. Bggg.: v. d. Amp. weg.

Mithin resultiert ein vertikaler Nachnystagmus nach oben.

Analog hat Beugung des Kopfes nach hinten einen vertikalen Urnystagmus nach oben und einen vertikalen Nachnystagmus nach unten zur Folge.

8. Warum entsteht bei schneller Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter ein rotatorischer Nachnystagmus nach links?

Die bisherige Theorie, daß durch Neigung des Kopfes auf die Schulter eine ausschließliche Lymphströmung im vorderen vertikalen Bogengang zustande käme, für die nach dem Flourensschen Gesetz der rotatorische Nystagmus spezifisch wäre, ist nach meinen obigen Ausführungen unhaltbar. Vielmehr wird mir jedermann zugeben müssen, daß bei Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter beide vertikale Bogengänge in gleicher Weise beeinflußt werden, während der horizontale, weil auf der Drehungsebene senkrecht stehend, unbeeinflußt bleibt. Es entstehen also im Beginn der Neigung folgende Lymphströmungen (Fig. 8a):

Links	Rechts
v. v. Bggg.: zur Amp.	v. v. Bggg.: v. d. Amp. weg.
h. v. Bggg.: zur Amp.	h. v. Bggg.: v. d. Amp. weg.

Fig. 8a.

Fig. 8b.

Also beiderseits gleichsinnige und gleichstarke Lymphströmungen in beiden vertikalen Bogengängen, die nach Gesetz II einen rotatorischen Urnystagmus nach rechts zur Folge haben.

Umgekehrt findet bei Beendigung dieser Neigung folgende Lymphströmung statt (Fig. 8b):

Links	Rechts
v. v. Bggg.: v. d. Amp. weg	v. v. Bggg.: zur Amp.
h. v. Bggg.: v. d. Amp. weg.	h. v. Bggg.: zur Amp.

Hieraus resultiert ein rotatorischer Nachnystagmus nach links.

9. Wie erklärt sich die Entstehung und Dauer des Ur- und Nachnystagmus durch Drehung?

Wie wir bereits im Kapitel über die Anatomie des Vestibularapparates gesehen haben, ist der Nystagmus der Ausdruck einer Verschiebung der Cupula durch die Endolymphbewegung. Um die Erscheinung des Ur- und Nachnystagmus zu erklären, hat Breuer die Theorie aufgestellt, daß durch die im Beginn der Drehung erfolgende Endolymphbewegung eine Verschiebung der Cupula in der Strömungsrichtung erfolgt. Letztere übe eine Zerrung auf die Haarzellen aus, die auf die Endausbreitungen des Nerv. vestib. als Reiz wirke und reflektorisch den Nystagmus hervorriefe.

Daß der Urnystagmus bei längerer Dauer der Drehung allmählich erlischt, erklärte Breuer dadurch, daß es der Elastizität der Haarfortsätze schließlich gelänge, die Cupula wieder in ihre Normallage zurückzuziehen. Folglich dauere der Urnystagmus solange, als die Cupula aus ihrer Normallage verschoben sei. Sistiert dann die Drehung nach längerer Zeit, so wirkt die jetzt durch die entgegengesetzte Lymphströmung bedingte Verschiebung der Cupula nach der anderen Seite als neuer Reiz, der einen Nachnystagmus von der Dauer zur Folge hab.,

als diese Cupulaverschiebung anhalte. Gegen diese Theorie hat Abels Front gemacht, weil sie — auf die Ergebnisse der modernen Labyrinthreizung angewandt — nicht in allen Punkten befriedigt. Nach Abels' Theorie soll die Verschiebung der Cupula als Momentanreiz auf das Zentrum des N. vestib. einwirken und hier aufgestapelte Energie in Freiheit setzen, von der ein Teil zu den subcorticalen Zentren für die Augenbewegung geleitet und hier entsprechend der Quantität und Qualität der Energie, die individuell großen Schwankungen unterliegen, in Nystagmus von bestimmter Dauer, Stärke und Richtung umgesetzt werde.

Der Rest, der zu anderen subcorticalen Zentren geleitet wird, interessiert uns hier nicht weiter. Sind die aufgestapelten Energiemengen erschöpft, so soll der Nystagmus trotz der Drehung sistieren. Im Augenblick des Anhaltens jedoch kommt in Folge der Verschiebung der Cupula nach dieser Richtung das andere Zentrum, das Nystagmus zur entgegengesetzten Seite auslöst, zur Entfaltung seiner Energie und löst so den Nachnystagmus aus. In dieser modifizierten Breuer-Abelsschen Theorie sieht Bárány eine für alle Erscheinungen des vestibulären Nystagmus befriedigende Erklärung.

Diese Ansicht teilte ich nicht.. Um nur beispielsweise die Beobachtung herauszugreifen, daß der Nachnystagmus bei mehr als 10 maliger Drehung an Dauer kontinuierlich abnimmt und vollends bei mehr als 20 maliger Drehung in einen Nachnachnystagmus zur Seite der Drehung umschlägt, so scheint mir hierfür die Abelssche Theorie keine befriedigende Erklärung zu geben. Bárány, der wohl als bester Kenner des vestibulären Nystagmus gelten darf, drückt sich hierüber sehr unbestimmt aus, wenn er in seiner Verteidigung der Abelsschen Lehre gegen die Breuersche Theorie mit folgenden Worten zu Felde zieht: „Vollends ist (nach der Breuerschen Theorie) die Erscheinung unerklärlich, daß der Nystagmus nach 20 maliger Drehung kürzer dauert als nach 10 maliger Drehung, und daß nach Ablauf des Nachnystagmus ein entgegengesetzter, also in der ursprünglichen Drehungsrichtung schlagender, wiederum oft eine Minute dauernder Nachnachnystagmus auftritt" (Bárány, Phys. u. Path. des Bogengangsapparates, 1907, S. 25).

Das ist nach meiner Meinung keine Erklärung für dieses Phänomen, und solange man darüber auch nachgrübelt, es wird nie gelingen, in der Abelsschen Theorie eine befriedigende Erklärung für diese Tatsachen zu finden. Ebensowenig kann die Abelssche Theorie darüber Aufschluß geben, daß die Dauer des rotatorischen Nystagmus nur halb so groß ist wie die des horizontalen. Auch diesen Punkt hält Bárány der Breuerschen Theorie vor, indem er sagt: „Man kann es sich kaum denken, daß die Ursache für die durchschnittlich soviel geringere Dauer des rotatorischen Nystagmus gegenüber dem horizontalen peripher be-

dingt ist“ (ebendaselbst). Auch diese Beweisführung dürfte meines Erachtens ebensowenig stichhaltig sein, wie sie befriedigenden Aufschluß über dieses Phänomen zu geben vermag. Wir kommen also zu dem Schluß, daß auch die Abelssche Theorie nicht imstande ist, für sämtliche Ergebnisse des Drehnystagmus eine einwandfreie Erklärung abzugeben. Was nun vollends die Behauptung Báránys anbelangt, daß die geringere Dauer des rotatorischen Nystagmus auf zentrale und nicht periphere Entstehung zurückzuführen sei, so möchte ich demgegenüber ganz entschieden die periphere Auslösung dieses Phänomens befürworten, und zwar aus folgendem Grunde: Wie oben gezeigt entsteht der rotatorische Nystagmus bei Drehung um die vertikale Körperachse und gleichzeitiger Beugung des Kopfes nach vorn um 90° durch eine gleichsinnige und gleichstarke Endolymphbewegung in beiden vertikalen Bogengängen. Vergleicht man die Strömungsgeschwindigkeit in diesen vertikalen Bogengängen bei obiger Versuchsanordnung mit der Strömungsgeschwindigkeit im horizontalen Bogengang bei aufrechter Kopfstellung, so ergibt sich hier das Verhältnis 1 : 2, weil die vertikalen Bogengänge eben in einem Winkel von 45° zur Horizontalebene stehen. Denn würden sie mit der Horizontalebene zusammenfallen, so wäre die Endolymphströmung in ihnen die gleiche wie im horizontalen Bogengang bei aufrechter Kopfstellung (in unserem Beispiel = 2), und anderseits, ständen sie senkrecht zur Horizontalebene, so wäre ihre Endolymphbewegung nach Gesetz I gleich 0. Da sie nun einen Winkel 45° mit der Horizontalebene bilden, was einer Mittelstellung zwischen diesen beiden Extremen entspricht, so besitzen sie die Strömungsintensität = 1. Mit anderen Worten: Die Strömungsgeschwindigkeit in einem Bogengang, der mit der Drehungsrichtung einen Winkel von 45° bildet, ist halb so groß, als wenn der betreffende Bogengang mit der Drehungsebene zusammenfiele (Gesetz Nr. VI).

Oder allgemein ausgedrückt:

Die Strömungsgeschwindigkeit in einem Bogengang bei Drehung ist gleich dem Cosinus des Winkels, den der Bogengang mit der Drehungsebene bildet, wenn man die Strömungsgeschwindigkeit eines in die Drehungsebene fallenden Bogenganges als Maßeinheit zu Grunde legt (Gesetz VIa).

Da nun die Strömungsgeschwindigkeit beim rotatorischen Nystagmus halb so groß als beim horizontalen ist, muß die Dauer des Nachnystagmus, die der Größe der Endolymphbewegung proportional ist, die entsprechenden Werte aufweisen, d. h. die Dauer des rotatorischen Nachnystagmus ist halb so groß als die des horizontalen Nachnystagmus.

Auf ein interessantes Symptom des vestibulären Nystagmus möchte

ich noch zum Schluß aufmerksam machen, das meines Wissens bisher nur als Erfahrungstatsache angesehen, aber nie erklärt worden ist, ich meine die Verstärkung des vestibulären Nystagmus durch Blick in die Richtung der raschen Phase des Nystagmus. Die Erklärung dieses Phänomens sehe ich in einem Großhirnimpuls. Rosenfeld konnte nämlich auf Grund seiner Untersuchungen über den kalorischen Nystagmus im Coma den Beweis erbringen, daß die rasche Phase des vestibulären Nystagmus einen Großhirnreflex darstellt, während die langsame Phase vom Ohrlabyrinth ausgelöst wird. Hiermit stimmt auch die Beobachtung Uffenrodes überein, welcher beim Affen nach totaler Großhirnexstirpation noch typische Deviationen, aber keinen Nystagmus mehr wahrnehmen konnte. Folglich entspricht die schnelle Komponente des Nystagmus einem unwillkürlichen Großhirnreiz. Blicke ich nun in die Richtung der raschen Phase des Nystagmus, so wird ein Reiz vom Großhirn den subcorticalen Augenmuskelzentren zugeleitet. Aus der Summation dieses willkürlichen Großhirnimpulses und des die schnelle Phase bedingenden unwillkürlichen Großhirnreizes ergibt sich somit die Verstärkung des Nystagmus, die das 2—4fache des Nystagmus beim Blick geradeaus beträgt.

VI. Die Lehre vom calorischen Nystagmus.

Spült man den äußeren Gehörkanal mit Wasser von über oder unter Körpertemperatur aus, so beobachtet man einen Nystagmus, vorausgesetzt, daß keine völlige Zerstörung des Ohrlabyrinthes oder vollkommene Verlegung des Trommelfells resp. bei dessen Fehlen der Paukenhöhlenwand durch Cerumenpfropf oder Cholesteatommassen vorliegt. Zwischen Beginn der Calorisierung und Einsetzen des Nystagmus liegt eine Latenzzeit von etwa 20 Sek. im Durchschnitt. Wasser von niedrigerer Temperatur als 37° C ruft bei aufrechter Kopfstellung angeblich einen horizontalen und rotatorischen Nystagmus nach der entgegengesetzten Seite hervor, während die Benutzung von Wasser über 37° C einen horizontalen und rotatorischen Nystagmus zur selben Seite ergeben soll. Dagegen tritt bei Anwendung von körperwarmem Wasser keine Reaktion an den Augen auf. Neigt man den Kopf um 180° nach vorn, so daß der Scheitel zu Boden sieht, so wird man jetzt bei Anwendung kalten Wassers einen rotat. Nystagmus zur selben Seite auslösen können, während die Benutzung warmen Wassers zu einem rotat. Nystagmus zur Gegenseite führt. Hier sowohl wie oben handelt es sich nur um einen rein rotatorischen Nystagmus, nicht aber, wie allgemein behauptet wird, um einen rotatorischen und horizontalen Nystagmus.

Zur Calorisierung benötigt man einen Irrigator, dessen abführender Schlauch in eine genau dem äußeren Gehörgang sich anpassende Metallröhre mit doppelter Wandung ausmündet. Die innere Röhre führt

das Wasser aus dem Irrigator zu, während die äußere, die gleichfalls in einen Gummischlauch mit Wasserreservoir ausläuft, für Abfluß des Spülwassers Sorge trägt. So wird eine dauernde Spülung des Gehörkanals garantiert, ohne daß bei richtiger Handhabung etwas von dem Wasser vorbeifließt oder gar eine Perforation des Trommelfells durch allzu starken Druck des Wassers zu befürchten wäre. Die Erfahrung hat gelehrt, daß Wasser von 20—25° C, bzw. 40—45° zur Calorisierung am geeignetsten ist. Höhere oder niedrigere Temperaturen als diese tragen zwar zur Verstärkung des Nystagmus bei, haben dafür aber auch leicht unangenehme Begleitsymptome wie Übelkeit, Schwindelgefühl, Erbrechen, Schweißausbruch usw. im Gefolge. Auch hier gilt die Regel, daß Blick in die Richtung der raschen Phase den Nystagmus verstärkt, Blick in entgegengesetzte Richtung ihn abschwächt oder sogar aufhebt.

Bei Ausspritzung des rechten Ohres mit kaltem Wasser und Neigung des Kopfes auf die linke Schulter beobachtet man weiter einen horizontalen Nystagmus nach rechts, während bei Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter der horizontale Nystagmus nach links umschlägt. Was nun die Dauer des Nystagmus anbelangt, so läßt sich hier kein bestimmter Wert als Norm festsetzen, weil die Dauer hier individuell recht großen Schwankungen unterliegt. Doch kann man im allgemeinen als Regel festsetzen, daß ein geringer calorischer Nystagmus bis zu etwa 10 Sek. Dauer etwas Pathologisches ist und auf eine partielle Zerstörung des Vestibularapparates hinweist, während das völlige Fehlen des calorischen Nystagmus die Diagnose totale Labyrinthzerstörung sichert. Eine Steigerung der calorischen Erregbarkeit ließ sich bisher nur bei Hirntumoren konstatieren. Da man bei dieser Methode der Funktionsprüfung des Ohrlabyrinthes imstande ist, jedes Ohr allein für sich zu prüfen, so ist damit die Möglichkeit gegeben, auch eine einseitige Labyrinthzerstörung zu diagnostizieren, ein Punkt, wo bekanntlich die Methode der Drehung versagte.

VII. Das Phänomen des calorischen Nystagmus im Lichte meiner Theorie.

1. Wie entsteht ein Nystagmus durch Calorisierung?

Bárány hat als erster eine Erklärung hierfür gegeben, indem er das Ohrlabyrinth mit einem Gefäß verglich, das mit einer Flüssigkeit von 37° C gefüllt ist. Wird nun eine Seite des Gefäßes abgekühlt, so findet auf dem der Abkühlung benachbarten Teil der Flüssigkeit nach physikalischem Gesetz eine Strömung der Flüssigkeit im Sinne von oben nach unten statt, während auf der entgegengesetzten Seite des Gefäßes eine Strömung im umgekehrten Sinne erfolgt. Auf diese Weise kommt ein Kreislauf innerhalb des Gefäßes zustande. Analog muß Erwärmung der einen Gefäßwandseite eine Strömung im umgekehrten Sinne zur Folge haben. Kühlt man beispielsweise die äußere Wand

des rechten Ohrlabyrinths durch Bespülen des Trommelfells oder gar der Paukenhöhlenwand mit kaltem Wasser ab, so wird nach Ansicht von Bárány und der Mehrzahl der bisherigen Untersucher bei aufrechter Kopfstellung der laterale Schenkel des vorderen vertikalen Bogenganges samt der zugehörigen Ampulle eine Abkühlung erfahren, da sie der Paukenhöhlenwand am nächsten liegen. Infolgedessen muß eine Endolymphbewegung von oben nach unten. d. h. von der Kuppe zur Ampulle erfolgen, die eine Verlagerung der Cupula und einen dadurch bedingten Nystagmus zur Folge hat.

Diese Bárányesche Theorie über das Zustandekommen des calorischen Nystagmus ist nicht unangefochten geblieben. So sind von verschiedenen Seiten Bedenken geäußert worden gegen die Übertragung dieser einfachen physikalischen Vorgänge auf den komplizierten Bau des Ohrlabyrinths. Auch hat man den Einwurf gemacht, daß es unmöglich sei, zu bestimmen, welche Teile der Bogengänge zuerst in das Bereich der Abkühlung fallen.

Barthels hat daher die Behauptung ausgesprochen, daß es sich bei Ausspritzung des Ohres mit kaltem Wasser lediglich um eine einseitige Lähmung des N. vestib. handele, wodurch — analog der einseitigen Labyrinthzerstörung ein Nystagmus zur Gegenseite resultiere. Umgekehrt soll eine Erwärmung des Ohrlabyrinths ein thermische Reizung des Nervenendapparates des N. vestib. bedingen, was ein Überwiegen des Labyrinthes dieser Seite und daher einen Nystagmus nach dieser Seite zur Folge habe. Barthels selbst gibt zu, daß auch seine Theorie nicht in jeder Weise befriedige, denn wie ließe sich beispielsweise hiermit erklären, daß bei aufrechter Kopfstellung einerseits und Beugung des Kopfes um 180° nach vorn anderseits ein Nystagmus nach verschiedenen Seiten auftritt. Auch in dem Fall, daß Neigung des Kopfes auf die Schulter einem horizontalen Nystagmus ergibt, läßt die Barthelssche Theorie völlig im Stich.

Ich persönlich halte auf Grund meiner Beobachtungen am Experiment und auf Grund meiner theoretischen Überlegungen an der Richtigkeit der physikalischen Erklärung Bárányes fest, wenn auch meine Meinung bezüglich der hierbei auftretenden Endolymphbewegungen von der Bárányes wesentlich abweicht.

Was zunächst Bárányes Vergleich des Ohrlabyrinths mit einem wassergefüllten Gefäß anbetrifft, so würde ich einen Bogengang lieber mit einem zum Ring geschlossenen Glasrohr, wie Fig. 9 zeigt, verglichen wissen, weil dieses der Form des Bogenganges mehr Rechnung trägt.

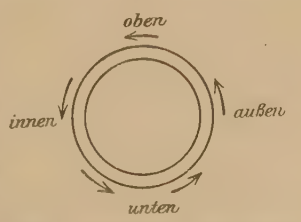


Fig. 9. Erwärmung des äußeren Schenkels macht eine Strömung im Sinne des Pfeils.

Gefüllt wird dieses Glasrohr mit der bekannten Mischung von Alkohol und Wasser, der Öltropfen als Indikator der Bewegung beigegeben sind. Erwärme ich nun beispielsweise einen Schenkel dieses Glasringes, so beachte ich hier ein Aufsteigen der Flüssigkeit, an dem entgegengesetzten Schenkel des Glasringes ein Absteigen der Flüssigkeit, Flüssigkeitsströmungen, die sich durch die Bewegung der Öltropfen kenntlich machen.

Wie habe ich mir nun die Wirkung der Calorisierung mit kaltem Wasser auf das Ohrlabyrinth vorzustellen? Von dem kalt ausgespritzten Gehörgang und Trommelfell wird sich die Abkühlung des Gewebes nach allen Seiten hin fortpflanzen. Vom Ohrlabyrinth wird zuerst die äußere Wand von der Abkühlung betroffen werden, und zwar zuerst die der Paukenhöhlenwand benachbarten Teile der Kuppen der drei Bogengänge. Da nun das knöcherne Gewebe als schlechter Wärmeleiter der Wärmepenetration einen gewissen Widerstand entgegensetzt, werden die der Paukenhöhlenwand benachbarten Teile der Bogengänge eine stärkere Abkühlung erfahren als die mehr nach innen liegenden und im Knochen eingebetteten Teile des Ohrlabyrinths. Aus dieser Temperaturdifferenz zwischen vorderem und hinterem Teil des Bogenganges wird ein Kreislauf der Flüssigkeit innerhalb des Bogenganges resultieren, der bei Calorisierung mit kaltem Wasser entgegengesetzt der Pfeilrichtung der Fig. 9 verläuft, bei Verwendung warmen Wassers dagegen der Pfeilrichtung folgt. Dabei ist es für den Effekt der Calorisierung völlig gleich, ob der Bogengang wie etwa der vordere vertikale der Paukenhöhlenwand unmittelbar anliegt oder von ihr durch wenige Millimeter Knochengewebe getrennt ist wie der hintere vertikale Bogengang.

Denn auch in letzterem wird zwischen dem mehr nach vorn und dem mehr nach hinten gelegenen Teil des Bogenganges eine Temperaturdifferenz sich geltend machen, da sie ja durch Knochenmasse sozusagen isoliert sind. Um gerade die Temperaturdifferenz zwischen dem nach außen und nach innen gelegenen Schenkel des Bogenganges ist ja das Ausschlag gebende und nicht, wie Bárány behauptet, die unmittelbare Lage an der Paukenhöhlenwand.

2. Warum entsteht bei Calorisierung des Gehörkanals mit kaltem Wasser ein rotatorischer Nystagmus nach links und nicht ein horizontaler und rotatorischer Nystagmus nach links?

Nach Ansicht von Bárány und der Mehrzahl der bisherigen Untersucher soll Calorisierung mit kaltem Wasser bei aufrechter Kopfstellung allein auf den vorderen vertikalen Bogengang einwirken, weil er der Paukenhöhlenwand unmittelbar anliegt. Da nun die Kuppe des Kanals den höchsten Punkt, die Ampulle den tiefsten Punkt des Ohr-

labyrinths darstellt, muß bei Abkühlung eine Endolymphbewegung von der Kuppe zur Ampulle hin erfolgen.

Weshalb nun die Endolymphbewegung ausschließlich im vorderen vertikalen Bogengang einen rotatorischen Nystagmus zur Folge haben soll, erklärt Bárány aus dem Vergleich mit der Endolymphbewegung bei Neigung des Kopfes auf die linke Schulter, wobei ja auch rotatorischer Nystagmus angeblich infolge Endolymphbewegung im vorderen vertikalen Bogengang zustande kommt. Beides ist natürlich nicht erwiesen. Die Auffassung, daß der rotatorische Nystagmus bei Neigung des Kopfes auf die linke Schulter durch alleinige Lymphströmung im vorderen vertikalen Bogengang zustande käme, habe ich bereits in früheren Kapiteln widerlegt. Aber ganz abgesehen davon, wie reimt sich das mit Báránys Behauptung zusammen, daß ein rotatorischer und horizontaler Nystagmus bei Kalorisierung entstände, wo doch Neigung des Kopfes auf die linke Schulter einen reinen rotatorischen Nystagmus ergibt? Ist das nicht ein Widerspruch zwischen Behauptung und Beweis? Warum sich bei Calorisierung die Abkühlung auf den vorderen vertikalen Bogengang beschränken soll, ist mir durchaus unverständlich.

Kühle ich also das rechte Ohrlabyrinth ab, so muß sowohl im vorderen wie im hinteren vertikalen Bogengang, wo die Ampullen den tiefsten Punkt der Kanäle bilden, eine Endolymphbewegung von der Kuppe zur Ampulle resultieren. Also eine gleichsinnige und gleichstarke Strömung in beiden vertikalen Bogengängen zur Ampulle, die nach Gesetz II einen rotatorischen Nystagmus nach der Gegenseite zur Folge haben muß.

Ferner behauptet Bárány und die Mehrzahl der Untersucher durch Calorisierung bei aufrechter Kopfstellung einen horizontalen und rotatorischen Nystagmus erzielen zu können. Das bestreite ich ganz entschieden, denn erstens habe ich mich bei meinen Untersuchungen nie von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugen können, und zweitens wüßte ich hierfür auch keine Erklärung zu geben. Auch bei Bárány, der zuerst diese Beobachtung gemacht haben will, vermisse ich eine Erklärung für dieses Phänomen, während er doch den gleichzeitigen rotatorischen Nystagmus nach seiner Art zu erklären versucht.

Bei aufrechter Kopfstellung steht der horizontale Bogengang genau wagerecht, eine Endolymphbewegung in ihm ist somit völlig ausgeschlossen. Ich glaube, mir diese Behauptung Báránys, die nicht aus der Luft gegriffen sein kann, aus der von ihm empfohlenen Untersuchungsmethode erklären zu können. Wenn man nämlich dem Patient nach seiner Angabe im Bett mit etwas erhöhtem Kopf das rechte Ohr kalt ausspritzt, wie er dieses in seiner „Physiol. u. Pathol. des Bogengangsapparates“ 1907 in Wort und Bild veranschaulicht, so muß man

natürlich eine Kombination von horizontalem und rotatorischem Nystagmus erhalten, denn bei dieser Haltung des Kopfes steht der horizontale Bogengang ja nicht mehr horizontal, sondern in einem Winkel von 45° zur Horizontalebene. Es wird sich also zu der Endolymphströmung in den vertikalen Kanälen noch eine von der Ampulle weg gerichtete Strömung im rechten horizontalen Bogengang hinzuaddieren, die ihrerseits allein einen horizontalen Nystagmus nach links bedingen würde. Es resultiert also bei dieser Kopfstellung eine Summation von horizontalem und rotatorischem Nystagmus, wie sie wir schon früher bei Drehung und gleichzeitiger Beugung des Kopfes nach vorn um 45° gefunden haben. Aus dem Umstande, daß Bárány die Mehrzahl seiner Untersuchungen bei dieser Kopfstellung gemacht hat und die Mehrzahl der Untersucher seinem Beispiel gefolgt ist, erkläre ich mir die falsche Übertragung seiner hier gemachten Beobachtungen auf die Untersuchung bei aufrechtstehendem Kopf.

Ich betone also nochmals, daß Calorisierung mit kaltem Wasser allein einen Nystagmus rotatorius zur Gegenseite macht, der bei Beugung des Kopfes nach vorn oder hinten in eine Kombination von rotatorischem und horizontalem Nystagmus übergeht.

3. Warum entsteht bei Calorisierung des rechten Ohres mit kaltem Wasser und Neigung des Kopfes auf die linke Schulter ein Nystagmus horizontalis nach rechts?

Bárány sieht die Erklärung dieses Phänomens darin, daß der horizontale Bogengang bei dieser Kopfstellung senkrecht steht und seine Kuppe den höchsten Punkt des Kanals darstellt. Da nun der Schenkel der Kuppe, welcher in die Ampulle ausmündet, der vorderen Paukenhöhlenwand unmittelbar anliegt, während der andere sich mehr nach hinten in dem isolierenden Knochengewebe verliert, so wird erster bei der Calorisierung am stärksten abgekühlt werden. Es ergibt sich somit eine Lymphströmung von der Kuppe zur Ampulle, die natürlich einen horizontalen Nystagmus nach rechts ergeben muß.

Welches Verhalten zeigen nun aber die beiden vertikalen Bogengänge bei dieser Versuchsanordnung? Sind sie auch mit Endolymphbewegung beteiligt, oder bleiben sie von dem Effekt der Calorisierung verschont? Hierüber vermisse ich bei Bárány jede Erklärung. Meiner Ansicht nach findet in ihnen keine Endolymphbewegung statt und zwar aus folgenden Überlegungen: Da bei der Calorisierung am aufrechten Kopf eine Endolymphbewegung in den beiden vertikalen Bogengängen von oben nach unten stattfindet und bei Drehung des Kopfes um 180 ° in entgegengesetzter Richtung umschlägt, darf in einer Mittelstellung zwischen diesen beiden Extremen die Endolymphe weder nach der einen noch nach der anderen Seite sich bewegen, d. h. sie muß in dieser Stellung stillstehen.

Diese Mittelstellung wird erreicht durch eine Neigung des Kopfes auf die Schulter um 90°. Aber auch noch auf Grund einer anderen Überlegung muß eine Endolymphbewegung bei obiger Kopfhaltung ausbleiben. Es greift nämlich die Calorisierung in den vertikalen Bogengängen gerade den höchsten Punkt ihrer Kuppe an; mithin müßte eine Endolymphbewegung nach beiden Schenkeln des Kanals zugleich erfolgen. Diese beiden entgegengesetzten Lymphströme innerhalb eines Kanals müssen sich aber gegenseitig aufheben, so daß eine Einwirkung auf die Cupula unterbleibt.

Mithin werden wir also bei rechtsseitiger Calorisation mit kaltem Wasser und Neigung des Kopfes auf die linke Schulter nur mit einer Endolymphbewegung im rechten horizontalen Bogengang von der Kuppe zur Ampulle zu rechnen haben, aus der sich ein horizontaler Nystagmus nach rechts ergibt.

4. Warum erhält man bei Kalorisierung des rechten Ohres mit kaltem Wasser und Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter um 90° einen horizontalen Nystagmus nach links?

Bei dieser Versuchsanordnung steht der horizontale Bogengang wiederum senkrecht, doch bildet diesmal die Kuppe dieses Kanals den tiefsten Punkt des Systems. Mithin resultiert jetzt eine Endolymphbewegung von der Ampulle weg zur Kuppe des Kanals, die einen horizontalen Nystagmus zur linken Seite zur Folge hat. Die beiden vertikalen Bogengänge haben gegenüber dem vorigen Beispiel jetzt eine Umlagerung um 180° erfahren, stehen also unter demselben Winkel zum horizontalen Bogengang wie im vorigen Beispiel und haben infolgedessen keinen Einfluß auf das Auge.

Bei einer Kopfstellung zwischen aufrechter Kopfhaltung und Neigung des Kopfes auf die rechte Schulter muß auf Grund unserer Darstellung eine Kombination von horizontalem und rotatorischem Nystagmus resultieren.

VIII. Die normale Physiologie des Gleichgewichtsapparates.

Was ergibt sich nun aus meinen Beobachtungen Neues für den normalen Ablauf der physiologischen Vorgänge im Gleichgewichtsapparat? Der Vestibularapparat ist ein spezifisches Sinnesorgan zur Wahrnehmung der Bewegung und Stellung des Kopfes. Drehe ich beispielsweise den Kopf nach der Seite, so wird diese Bewegung, wie schon früher bekannt, vom horizontalen Bogengang wahrgenommen und dem Gehirn zugeleitet, wo außer der Empfindung der Drehung Reaktionen ausgelöst werden, die der Erhaltung des Gleichgewichts während und nach der Drehung dienen.

Dagegen wird auf Grund meiner obigen Ausführungen eine Bewegung

des Kopfes in sagittaler oder frontaler Richtung nicht vermittels des vorderen oder hinteren vertikalen Bogenganges allein wahrgenommen, sondern von beiden zugleich, wobei eine ungleichsinnige Strömung in beiden vertikalen Bogengängen das Gefühl der Bewegung in sagittaler Richtung auslöst, dagegen eine gleichsinnige Strömung in beiden vertikalen Bogengängen das Gefühl der Bewegung in frontaler Richtung vermittelt. Zur Wahrnehmung einer Bewegung in schräger Richtung nach vorn und nach der Seite, was einer Mittelstellung zwischen Frontal- und Sagittalbewegung entspricht, sind allein die in dieser Ebene gelegenen vertikalen Bogengänge, und zwar der vordere vertikale der einen Seite und der hintere vertikale der anderen Seite befähigt. Alle übrigen Kopfbewegungen werden analog von 2 oder 3 Bogengängen derselben Seite zugleich wahrgenommen.

Literaturverzeichnis.

Alexander, G., Reflexerregbarkeit des Ohrlabyrinthes am menschlichen Neugeborenen. Arch. f. d. ges. Physiol. 1911, S. 140, 209.

Bárány, Beitrag zur Theorie des Vestibularapparates. Ref. nach einem Vortrag auf dem Kongreß f. exp. Physiol. 1910.

— Allg. Symptomatologie des Drehschwindels. Sammelref. Internat. Zentralblatt f. Ohrenheilk. **6**, H. 10.

— Physiol. und Pathol. d. Bogengangsapparates 1907.

— Über die durch rasche Kopfbewegungen ausgelösten Nystagmusanfälle. Compte rendu d. 8. Intern. Otologenkongresses. Budapest. S. 268, 1910.

— Die nervösen Störungen des Cochlear- und Vestibularapparates. Handbuch der Neurologie von Lewandowsky, I.

— Der zentrale Nystagmus. Ebendaselbst.

Barthels, Über Regulierung der Augenstellung durch den Ohrapparat. Gräfes Arch. f. Ophthalmol. **1**, 76. 1910.

— Über Anomalien der Augenbewegungen und Augenstellung. Ber. über die 37. Vers. d. ophthalmol. Gesellsch. 1911, S. 188.

Bauer und Leidler, Über den Einfluß der Ausschaltung verschiedener Hirnabschnitte auf die vestib. Augenreflexe. Wien. klin. Wochenschr. **24**, 1176. 1911.

Breuer, Über die Funktion des Otolithenapparates. Pflügers Arch. **48**, 195. 1890.

— Studien über den Vestibularapparat. Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. Mathematisch-naturw. Kl. **3**, 112, Nov. 1903.

— Über die Bogengänge des Labyrinths. Allg. Wien. med. Ztg. **18**, Nr. 48, 598. 1873.

Breuer und Kreidl, Über die scheinbare Drehung des Gesichtsfeldes während der Einwirkung einer Zentrifugalkraft. Pflügers Arch. **20**.

Buys, Demonstration des Nystagmographen. Med. Tijdschr. v. Geneesk. **1**, 55, 1333. 1911.

Cajal, Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Edition française par le D. L. Azoulay. **1**, Paris 1909. **2**, 1911.

Cassirer und Loeser, Über den Einfluß von Drehbewegungen um die vert. Körperachse auf den Nystagmus. Ein Beitrag zur Funktionsprüfung d. Vestibularapparates. Neurol. Zentralbl. **27**, Nr. 6. 1908.

Cyon, Rapports physiologiques entre le nerf acustique et l'appareil moteur de l'oeil (Acad. des sciences de Paris, 10 avr. 1876).
Elworthy, Miners nystagmus. Brit. med. Journ., 2603. 1577. 1910.
Ewald, Physiol. Untersuch. über das Endorgan des Nerv. octav. Wiesbaden. 1892.
Flourens, Recherches sur les conditions fondamentales de l'audition. Mémoire présenté a. l'Acad. royale des sciences, dans la séance du 27 décembre 1829.
— Experiences sur les canaux-semicirculaires des oiseaux. Mémoire lu a. l'Acad. royale des sciences le 11 aout 1828.
— Expériences sur les canaux-semicirculaires des mamifères. Mémoire lu a. l'Acad. royale des sciences le 13. oct. 1828.
— Nouvelles expériences sur l'indépendance respective des fonctions cerébrales. Compte rendu des sciences de l'Acad. des sciences le 8. avril 1861.
Goebel, In welcher Weise wirkt die Gleichgewichtsfunktion der Vorhofsorgane? Arch. f. Ohrenheilk. **85**, 110. 1911.
Goltz, Über die physiol. Bedeutung der Bogengänge des Ohrlabyrinths. Pflügers Arch. **3**, 172.
Hitzig, Der Schwindel (Vertigo). Neubearbeitet von Ewald und Wollenberg. 1911.
Hofer, Über das Verhalten des kalorischen Nystagmus bei Fällen mit Labyrinthfistel und die Verwertung dieses Verhaltens für die Diagnose des Sitzes der Fistel. Monatsschr. f. Ohrenheilk. **45**, 396. 1911.
— Untersuchungen über den kalorischen Nystagmus. Vortrag geh. i. d. Vers. d. Deutschen Otolog. Gesellsch. 1911.
Kreidl, Beiträge zur Physiologie des Ohrlabyrinths auf Grund von Versuchen an Taubstummen. Pflügers Arch. **51**, 119.
Kohnstamm, Das vestibuläre Zentrum der Augenbewegungen. Verhandl. d. Deutschen Otolog. Gesellsch., 1911, S. 203.
Mach, Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. L. 75.
Maupetit, Étude clinique sur le Nystagmus rythmique provoqué. Thèse de Bordeaux. 1908.
Menière, Mémoire sur les lésions de l'oreille interne donnant bien à des symptomes de congestion cérébrale et apoplectiforme. Gaz. méd. 1861, S. 88.
Löwenstein, Über Anatomie und Physiologie des Kleinhirns und über die neueren Untersuchungsmethoden des Kleinhirns. Ref. u. Erg. der Zeitschr. f. Neurol. u. Phys. **5**, 7. H., 673.
Purkinje, Über die physiologische Bedeutung des Schwindels und die Beziehungen desselben zu den neuesten physiol. Versuchen über Gehirnfunktionen. Rusts Magazin **23**, H. 2, 284—310.
Rosenfeld, Untersuchungen über den kalorischen Nystagmus bei Gehirnkranken mit Störungen des Bewußtseins. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych. Orig. III.
— Beitrag zur Theorie des kalor. Nystagmus. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psych. Orig. IV.
— Der vestibuläre Nystagmus und seine Bedeutung für die neurologische und psychiatrische Diagnostik. 1911.
Uffenrode, Zur Bewertung der Augenmuskelreaktionen bei Labyrinthreizung und der Reaktion bei elektr. Kleinhinrreizung nach experim. Untersuchungen an Affen. Münch. med. Wochenschr. **59**, 1213 u. 1277. 1912.
Wanner, Über die Erscheinungen von Nystagmus bei Normalhörenden, Labyrinthlosen und Taubstummen. München. 1901. Mühlthaler.

Lebenslauf.

Ich, Julius Bernhard Walter Hesse, geb. am 28. Januar 1889 zu Berlin als Sohn des Rechnungsrats Adolf Hesse und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Schmidt, bin als preußischer Staatsangehöriger in Halle a. d. S. wohnhaft.

Meine Schulbildung erhielt ich 3 Jahre auf der Vorschule der Frankeschen Stiftungen und 9 Jahre auf dem Stadtgymnasium zu Halle a. S., wo ich Ostern 1907 die Abiturientenprüfung ablegte.

Meinen medizinischen Studien lag ich ob an den Universitäten München (S.-S. 1907), Kiel (S.-S. 1910) und Halle (W.-S. 1907/08 bis W.-S. 1909/10 und W.-S. 1910/11 bis W.-S. 1911/12), wo ich die Vorlesungen der Herren Anschütz, Anton, Beneke, Bernstein, von Bramann, Denker, Eberth, Fränken, Franz, Grouven, Harnack, von Hippel, Lüthje, Mohr, Roux, Rückert, Schmidt, Stöltzner, Veit und anderer hörte.

Die ärztliche Vorprüfung legte ich am Ende des V. Semesters (Juli 1909), die medizinische Staatsprüfung nach Beendigung des X. Semesters (März bis Juni 1912) in Halle ab.

Während des VI. Studiensemesters genügte ich gleichzeitig meiner $^1/_2$jährigen militärischen Dienstzeit mit der Waffe.

Während des praktischen Jahres war ich vom 24. Juni bis 23. Dezember 1912 an der medizinischen Universitätsklinik zu Halle a. S. und vom 1. Januar bis 30. Juni 1913 an der pathologisch-anatomischen Anstalt der Stadt Magdeburg tätig.

Das Fakultätsexamen bestand ich am 6. Dezember 1912 in Halle.

Die Approbation als Arzt wurde mir am 1. Juli 1913 erteilt.